

**ANALISA REDUKSI VOLTAGE DIP MENGGUNAKAN SSSC (STATIC  
SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR) DENGAN SOFTWARE  
PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA  
G.I. KEBONAGUNG**

**SKRIPSI**



**Disusun oleh:**

**SAFITRI AKBAR ARDIANTO**

**NIM. 06.12.011**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2011**

UNITED STATES DEPARTMENT OF JUSTICE  
FEDERAL BUREAU OF INVESTIGATION  
WASHINGTON, D. C. 20535  
JANUARY 10, 1962

MEMORANDUM

TO : DIRECTOR, FBI  
FROM : SAC, NEW YORK  
SUBJECT: [REDACTED]

RE: [REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED]



# LEMBAR PERSEMBAHAN

Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terima kasih kepada :

Allah SWT yang telah memberikan ridho-Nya kepada saya, sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Kuasamu Tak henti-hentinya memberikan anugrah yang seringkali tak kusadari, maaf jika hambamu seringkali merasa kurang mensyukuri rahmat-Mu, namun segala pujian dan senandung keagungan takkan pernah lupa kulantunkan untuk-Mu...

Kedua orang tua tercinta, Ibu dan Bapak serta Nenek dan Kakek yang selalu memberikan doa, dukungan serta semangat, dan nasihat siang malam yang tak pernah terhenti. Kesemuanya itu menjadi bahan bakar bagi ananda untuk selalu berusaha terus maju. Untuk Ibu dan Bapak, ananda berjanji akan membuat kalian bangga, selalu.....

Wina Setya Wirasti ( Miu-ku.... ) terima kasih buat doanya, semangatnya, supportnya, serta semua yang sudah dilakukan untuk saya, terima kasih hingga sampai saat ini selalu menemani saya.....

Bapak. Ir. Choirul Saleh, MT selaku pembimbing I, dan terima kasih juga kepada ibu Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT selaku pembimbing II yang selalu memberikan waktunya berkonsultasi untuk saya, terima kasih banyak.

Teman-teman seperjuangan saya Aap (kipli), Prastya (Pak. Dhe), Yoni (gondrong), I Gede (Stif), Miki (M2w), Singgih (Mbangil), Guruh, tanpa bantuan kalian mungkin Skripsi ini tidak bisa terselesaikan. ( Ojo kakean guyon rek yooooo.....)

Saudara-saudara yang selalu mensupport, mbak Peni & om Landra, mbak Heni & mas Ali (terima kasih selalu member tahu saya tentang lowongan-lowongan pekerjaan di PLN), serta semua keluarga saya.

Temen temen kampung, dolen, temen Studio Musik PRIMITIVE, temen-temen kampus. (seng durung lulus ayo ndang lulus rek, semangat wes pokok'e.....)

Dan yang tidak terlewatkan juga, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang saya tidak dapat disebutkan satu persatu dan membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Semoga segala dukungan, doa dan kebahagiaan yang telah diberikan kepada saya selama ini dicatat dan dibalas oleh-Nya. Amin .....



## LEMBAR PERSETUJUAN

# ANALISA REDUKSI *VOLTAGE DIP* MENGGUNAKAN *SSSC* (*STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR*) DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA G.I. KEBONAGUNG

## SKRIPSI

Disusun dan diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan guna mencapai  
gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh:  
**SAFITRI AKBAR ARDIANTO**  
NIM. 06.12.011

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1



**Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT**  
NIP. Y. 1018800189

Diperiksa dan Disetujui,  
Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Ir. Choirul Saleh, MT**  
NIP. Y. 1018800190

**Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT**  
NIP. 19770615.200501.2.002

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO S-1  
KONSENTRASI TEKNIK ENERGI LISTRIK  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
2011



## **ABSTRAK**

# **ANALISA REDUKSI *VOLTAGE DIP* MENGGUNAKAN SSSC (*STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR*) DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA G.I. KEBONAGUNG**

**Safitri Akbar Ardianto, NIM 06.12.011**

**Dosen Pembimbing I: Ir. Choirul Saleh, MT**

**Dosen Pembimbing II: Irrine Budi Sulistiawati, ST, MT.**

*Gangguan hubung singkat merupakan salah satu penyebab terjadinya kedip tegangan dalam sistem tenaga listrik, dimana tegangan kedip ini dapat mempengaruhi penyaluran dan kontinuitas pelayanan energy listrik kebeban. *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR* (SSSC) merupakan suatu alat kompensasi yang dapat mengatasi permasalahan tersebut.*

*SSSC merupakan alat kompensasi yang didasarkan pada control Flexible AC Transmission System (FACTS) Device. SSSC biasanya dikombinasikan dengan Static Synchronous Compensator STATCOM dan dioperasikan sebagai United Power Flow Control (UPFC). SSSC dapat dioperasikan dengan model injeksi tegangan searah ketika STATCOM tidak dapat melayani operasi tersebut.*

*Dari hasil simulasi yang dilakukan pada G.I Kebonagung , dengan kompensasi SSSC perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah kompensasi saat gangguan voltage dip/sag adalah dari 0.16979 pu atau 3.3958 kVolt menjadi 0.952343 pu atau 19.04686 kV atau mengalami kenaikan sebesar 15.65106 kVolt.*

*Kata kunci : sistem distribusi, SSSC, voltage dip/sag*

## **KATA PENGANTAR**

Puji Syukur ke hadirat Allah Yang Maha Kuasa atas segala limpahan berkat dan rahmat-Nya sehingga penelitian berjudul Analisa Reduksi Voltage Dip Akibat Gangguan Hubung Singkat Menggunakan SSSC ( Static Synchronous Series Compensator ) pada G.I. Kebonagung dapat terselesaikan.

Penelitian ini dibuat untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar sarjana teknik. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kami sampaikan pada:

1. Bapak Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro S-1.
2. Bapak Ir. Choirul Saleh, MT selaku Dosen Pembimbing I.
3. Ibu Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT selaku Dosen Pembimbing II.
4. Rekan-rekan dan teman-teman Teknik Elektro ITN Malang.
5. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan dan penyusunan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih jauh dari sempurna, untuk itu kritik dan saran dari pembaca sangat penulis harapkan untuk perbaikan penelitian ini.

Malang, Maret 2011

Penulis



## DAFTAR ISI

Lembar Persetujuan .....	ii
Abstrak.....	iii
Kata Pengantar.....	iv
Daftar Isi .....	v
Daftar Gambar .....	viii
Daftar Tabel.....	ix
Daftar Grafik.....	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Pembahasan.....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Metodologi Penelitian .....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK, SSSC DAN <i>VOLTAGE DIP</i>	
2.1. Sistem Tenaga Listrik.....	5
2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik.....	5
2.2.1. Sistem Distribusi Primer (Jaringan Tegangan Menengah).....	7
2.2.2. Sistem Distribusi Sekunder (Jaringan Tegangan Rendah).....	7
2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik .....	7
2.3.1. Sistem Jaringan Distribusi Radial .....	7
2.3.2. Sistem Jaringan Distribusi <i>Loop</i> ( Lingkaran ) .....	8
2.3.3. Sistem Jaringan Distribusi <i>Grid</i> atau <i>Mesh</i> .....	8
2.4. Analisa Aliran Daya Jaringan.....	9
2.4.1. Daya Dalam Sistem Tenaga.....	9
2.4.1.1. Daya Nyata ( <i>Real Power</i> ) .....	10
2.4.1.2. Daya Reaktif ( <i>Reactive Power</i> ).....	10
2.4.1.3. Daya Semu ( <i>Apparent Power</i> ) .....	10
2.4.2. Daya Reaktif dan Faktor Daya ( <i>Power Factor</i> ).....	10
2.5. SSSC.....	12
2.6. Tegangan Dip ( <i>Voltage Dip</i> ).....	14

2.6.1. Perhitungan Nilai <i>Voltage Sag/Dip</i> Dalam Sistem.....	16
<b>BAB III REDUKSI VOLTAGE DIP AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT MENGUNAKAN SSSC (STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR)</b>	
3.1. Single Line G.I. Kebonagung.....	17
3.2. Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation.....	18
3.3. Memulai PSCAD/EMTDC Power Simulation.....	19
3.4. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida .....	21
3.4.1. PWM Sinusoida.....	21
3.4.2. Aksi Kontrol PWM Sinusoida Terhadap SSSC .....	22
3.5. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI) .....	22
3.5.1. Umum .....	22
3.5.2. Prinsip-prinsip Pengendalian Proses .....	24
3.5.3. Prinsip Kerja Pengendali.....	24
3.5.4. Pengendali Proporsional ( <i>Proporsional Controler</i> ) .....	25
3.5.5. Pengendali Integral ( <i>Integral Controller</i> ) .....	27
3.5.6. Pengendali Proporsional Integral (PI Controller).....	28
3.6. Kompensasi SSSC Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik .....	30
3.6.1. Input Data Pengendali SSSC .....	31
3.7. Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD /EMTDC ....	32
3.7.1. Flowchart Penyelesaian Masalah.....	32
3.7.2. Flowchart Desain Rangkaian Kontrol PWM.....	33
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA HASIL</b>	
4.1. Single Line Sistem distribusoi G.I. Kebonagung Dalam Software PSCAD Power Simulation .....	34
4.2. Data Sistem Distribusi Pada PT. PLN (PERSERO) Malang.....	35
4.3. Reduksi Voltage Dip/Sag Pada Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation .....	35
4.4. Hasil Reduksi Voltage Dip Akibat Gangguan Hubung Singkat Menggunakan SSSC .....	36
4.4.1. Hasil perhitungan Dan Simulasi Sebelum Kompensasi SSSC .....	36
4.4.1.1. Sistem Sebelum Mengalami Gangguan.....	36
4.4.1.2. Sistem Setelah Mengalami Gangguan.....	37
4.4.2. Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi SSSC .....	39



4.4.3. Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Sebelum dan Sesudah	
Kompensasi .....	41
4.4.3.1. Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa SSSC.....	41
4.5. Analisa Hasil.....	42
BAB V PENUTUP	
5.1. Kesimpulan.....	45
5.2. Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA.....	46
LAMPIRAN	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1: Skema Penyaluran Energi Listrik.....	5
Gambar 2.2: Jaringan Distribusi Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Distribusi Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah ke Pelanggan .....	6
Gambar 2.3: Bentuk Sederhana dari Sistem Distribusi Radial.....	8
Gambar 2.4: Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Loop</i> Yang Dipasok dari Satu Sumber .....	8
Gambar 2.5: Jaringan Tegangan Menengah Struktur <i>Mesh</i> .....	9
Gambar 2.6: Segitiga Daya.....	10
Gambar 2.7: Sistem Distribusi Primer .....	11
Gambar 2.8: Sumber Tegangan Sinkron Yang Bekerja Dengan Voltage Source Inverter .....	12
Gambar 2.9: Ilustrasi Voltage Dip .....	15
Gambar 2.10: Gambaran Terjadinya <i>Voltage Sag/Dip</i> .....	15
Gambar 2.11: Model Pembagi Tegangan Untuk Voltage Sag/Dip .....	16
Gambar 3.1: Sistem Distribusi 20 kV pada G.I Kebonagung .....	17
Gambar 3.2: Tampilan Utama <i>Software PSCAD Power Simulation</i> .....	19
Gambar 3.3: Tampilan <i>Master Library</i> .....	20
Gambar 3.4: Tampilan Modul utama.....	20
Gambar 3.5: Tampilan <i>Single Line</i> Distribusi Tenaga Listrik G.I Kebonagung Dalam <i>PSCAD</i> .....	21
Gambar 3.6: Kontroller dan Diagram Kontaknya .....	25
Gambar 3.7: Diagram Blok Kontroler Proporsional.....	26
Gambar 3.8: Response Sebuah pengendali Proporsional .....	27
Gambar 3.9: Blok Diagram Kontroler Integral.....	28
Gambar 3.10: Diagram Kontak Pengendali PI .....	29
Gambar 3.11: Hubungan <i>Input Output</i> Pengendali PI dalam Fungsi Waktu .....	29
Gambar 3.12: (a) Rangkaian Pengendali PI untuk MengendalikanSSSC (b) Rangkaian PWM untuk Mengendalikan SSSC (c) Ragkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan SSSC .....	31
Gambar 3.13: <i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah .....	32
Gambar 3.14: Flowchart Desain Control SSSC Menggunakan PSCAD/EMTDC ...	33
Gambar 4.1: Sistem Distribusi G.I Kebonagung dalam <i>Software PSCAD</i> .....	34



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1: Data Beban Pada Masing-masing Penyulang G.I Kebonagung .....	35
Tabel 4.2: Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi <i>Voltage Dip</i> Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Tanpa Kompensasi SSSC .....	38
Tabel 4.3: Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi <i>Voltage Dip</i> Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Tanpa Kompensasi SSSC .....	40
Tabel 4.4: Perbandingan Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi <i>Voltage Dip</i> Akibat <i>Three Phase Symetrical Fault</i> Dengan Kompensasi dan Tanpa Kompensasi SSSC .....	41
Tabel 4.5: Prosentase $V_{\text{optimasi}}$ .....	44

## **DAFTAR GRAFIK**

Grafik 4.1 : Bentuk Gelombang Tegangan Normal.....	36
Grafik 4.2 : Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi voltage Dip Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Tanpa Kompensasi.....	37
Grafik 4.3 : Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi voltage Dip Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Setelah Kompensasi .....	39
Grafik 4.4 : Grafik Tegangan Sebelum Kompensasi dan Setelah Kompensasi .....	42

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Dalam perkembangan teknologi saat ini, dengan banyaknya industri maupun rumah tangga yang menggunakan peralatan listrik berkapasitas besar, maka kualitas tegangan yang baik sangat dibutuhkan dalam peyaluran tenaga listrik agar pasokan listrik yang diterima oleh konsumen dapat dinikmati dengan baik pula.

Salah satu permasalahan gangguan dalam sistem distribusi tenaga listrik adanya *voltage dip*, dimana *voltage dip* ini didefinisikan sebagai penurunan besaran tegangan efektif (rms) pada frekuensi daya antara 0,1 sampai 0,9 pu selama durasi waktu dari 0.5 *cycles* hingga 1 menit. Penyebab dari tegangan dip adalah akibat dari gangguan hubung singkat, pengasutan motor berkapasitas besar, perubahan beban yang berlebihan / diluar batas dari kemampuan sistem daya. (R.C Dugan, 1996)

Salah satu cara untuk me-*reduksi* atau mengurangi tegangan dip adalah dengan menggunakan suatu alat kompensator yaitu *Static Synchronous Series Compensator* (SSSC) . Yaitu peralatan FACTS yang mampu mereduksi *voltage dip* dan hasil keluaran yang dihasilkan lebih bagus dibandingkan STATCOM, serta dapat dioperasikan dengan model injeksi secara langsung saat STATCOM tidak dapat melayani operasi tersebut. Dalam penerapannya STATCOM yang dihubungkan secara paralel hanya mampu mengkompensasi daya reaktif sekitar 60% saja, sedangkan SSSC yang dihubungkan secara seri mampu mereduksi *voltage dip* hingga 78%. Dengan demikian penggunaan SSSC lebih efektif untuk mereduksi *voltage dip* dibandingkan alat kompensasi jenis STATCOM. (Hingorani , Gyugyi , 2000)

Dengan bantuan *software* PSCAD/EMTDC besarnya tegangan dip dapat disimulasikan sehingga pengaruh dari tegangan dip dapat dianalisa. Hasil analisa akan digunakan untuk pertimbangan penggunaan SSSC untuk mengurangi besarnya tegangan dip pada jaringan distribusi.

Lokasi yang digunakan sebagai penelitian pada skripsi ini adalah pada G.I Kebonagung, karena pada daerah tersebut banyak pabrik-pabrik besar yang menggunakan motor-motor listrik berkapasitas besar dimana membutuhkan suplai daya



dan tegangan listrik yang cukup besar. Di lokasi ini pada bulan Januari 2010 kapasitas beban yang dibutuhkan mencapai 1108 kV untuk sepuluh penyulang.

## 1.2. Rumusan Masalah

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terpadu oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen listrik seperti: generator, transformator, jaringan tenaga listrik dan beban-beban listrik atau pelanggan. Pendistribusian tenaga listrik adalah bagian dari suatu proses sistem tenaga listrik, Kecenderungan penggunaan beban-beban elektronik dalam jumlah besar dalam selang waktu kira-kira dua puluh tahun terakhir pada saat ini telah menimbulkan masalah yang tidak terkirakan sebelumnya. Besarnya kenaikan penggunaan beban-beban elektronik yang canggih dan berkapasitas besar menyebabkan penurunan tegangan sesaat (*Voltage sag/ voltage dip*).

Penurunan tegangan sesaat ( *voltage dip* ) merupakan salah satu masalah serius dalam kualitas daya. Bagaimana solusi untuk meminimalisasikan *voltage dip*?

Dari permasalahan di atas maka makalah ini berjudul :

## **ANALISA REDUKSI *VOLTAGE DIP* MENGGUNAKAN *SSSC* ( *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR* ) DENGAN *SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION* PADA GL KEBONAGUNG**

## 1.3. Tujuan Pembahasan

Berdasarkan permasalahan yang dikemukakan di atas maka skripsi ini bertujuan untuk mereduksi *voltage dip* akibat gangguan hubung singkat menggunakan *Static Synchronous Series Compensator (SSSC)*.

## 1.4. Batasan Masalah

Agar permasalahan yang dibahas tidak terlalu meluas, maka ruang lingkup pembahasan adalah sebagai berikut:

- a. Analisis dan Simulasi dilakukan dengan *software PSCAD/EMTDC V4.2 Power Simulation*.
- b. Studi dilakukan pada Gardu Induk Kebon Agung Malang.

- c. Perhitungan SSSC menggunakan rumus :  $P_{12} = \frac{U_1 U_2}{X_L} \sin \delta$

## 1.5. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penyelesaian ini adalah:

1. Studi literatur berupa pengumpulan dan pembahasan referensi yang berkaitan dengan pokok pembahasan masalah ini, sehingga membantu dalam memahami dasar-dasar dari peralatan yang digunakan dalam sistem dan membantu dalam memahami prinsip dan karakteristik setiap parameter elektronika daya yang digunakan.
2. Pengumpulan data lapangan sebagai objek penelitian.
3. Melakukan analisis berdasarkan hasil simulasi program *PSCAD/EMTDC V.2.0 Power Simulation*.
  - a. Analisis aliran daya dan profil tegangan
  - b. Analisis durasi / panjang gangguan *voltage dip* yang terjadi pada sistem
  - c. Analisis sistem pada saat terjadi gangguan *voltage dip* sebelum menggunakan SSSC dan dengan menggunakan SSSC
4. Menarik kesimpulan.

## 1.6. Sistematika Penulisan

### Bab I : Pendahuluan

Berisi penguraian tentang Latar Belakang, Rumusan Masalah, Tujuan Penelitian, Batasan Masalah, Metodologi Penelitian dan Sistematika Penulisan.

### Bab II : Sistem Distribusi Tenaga Listrik dan Aplikasi Perbaikan *Voltage Dip* dengan SSSC

Membahas sistem distribusi tenaga listrik secara umum dan pengaruh pemasangan alat kompensasi untuk memperbaiki permasalahan gangguan listrik.

**Bab III : Pemodelan Sistem Perbaikan *Voltage Dip* dengan SSSC**

Pada bab ini akan dibahas cara kompensasi SSSC ( *static synchronous series compensator* ) untuk mereduksi *voltage dip* akibat gangguan hubung singkat.

**Bab IV : Hasil dan Analisa Hasil**

Menguraikan tentang hasil simulasi dan menganalisa hasil simulasi.

**Bab V : Penutup**

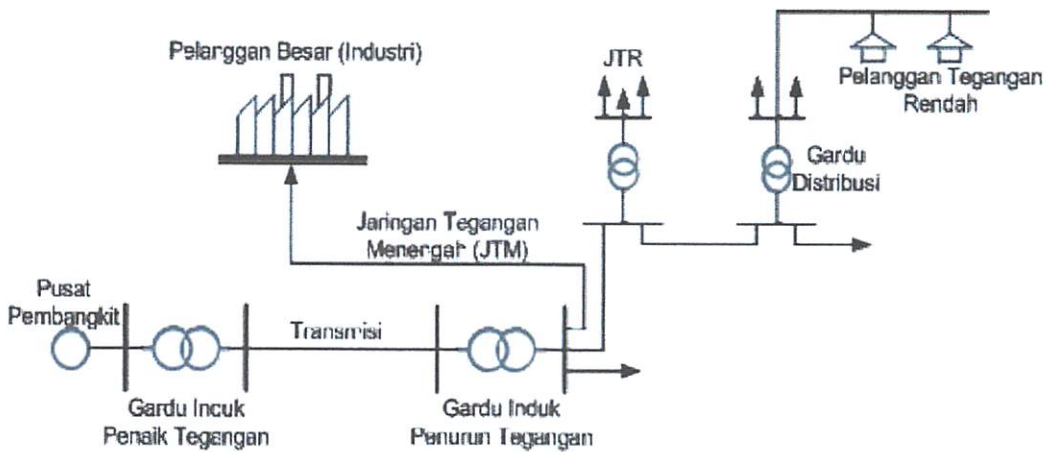
Berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil simulasi.

## BAB II

### SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK, SSSC DAN VOLTAGE DIP

#### 2.1. Sistem Tenaga Listrik (Basri , 1997)

Sistem tenaga listrik merupakan suatu sistem yang terpadu yang terbentuk oleh hubungan-hubungan peralatan dan komponen-komponen listrik. Sistem tenaga listrik ini mempunyai peranan utama untuk menyalurkan energi listrik yang dibangkitkan oleh generator ke konsumen yang membutuhkan energi listrik tersebut.



Gambar 2.1  
Skema Penyaluran Energi Listrik

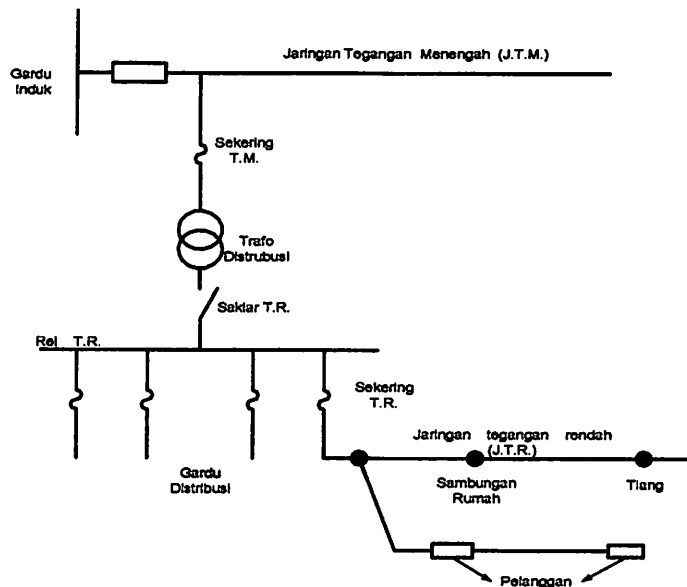
Secara garis besar suatu sistem tenaga listrik dapat dikelompokkan menjadi tiga bagian sub sistem yaitu :

1. Sistem pembangkitan : berperan sebagai sumber daya tenaga listrik dan disebut juga sebagai prodaktor energi.
2. Sistem transmisi atau penyalur : berfungsi sebagai penyalur daya listrik dalam skala besar dari pembangkit ke bagian sistem distribusi.
3. Sistem distribusi dan beban : berfungsi sebagai distributor energi ke konsumen yang memerlukan energi tersebut.

#### 2.2. Sistem Distribusi Tenaga Listrik (Basri, 1997)

Jaringan distribusi berada pada akhir dari sistem tenaga listrik, peranannya mendistribusikan tenaga listrik dari gardu induk atau pembangkit tenaga ke konsumen melalui gardu distribusi. Jaringan setelah keluar dari gardu induk bisa disebut jaringan

distribusi. Setelah tenaga listrik disalurkan melalui jaringan distribusi primer maka kemudian tenaga listrik diturunkan tegangannya dalam gardu-gardu distribusi menjadi tegangan rendah, kemudian disalurkan melalui jaringan tegangan rendah untuk selanjutnya disalurkan ke rumah-rumah pelanggan (konsumen) PLN melalui sambungan rumah.



Gambar 2.2  
Jaringan Tegangan Menengah (JTM), Jaringan Tegangan Rendah (JTR) dan Sambungan Rumah Ke Pelanggan

Dalam pendistribusian tenaga listrik ke konsumen, tegangan yang digunakan bervariasi tergantung pada jenis konsumen yang membutuhkan. Untuk konsumen industri biasanya digunakan tegangan menengah 20kV sedangkan untuk konsumen perumahan digunakan tegangan rendah 220/380 Volt, yang merupakan tegangan siap pakai untuk peralatan-peralatan rumah tangga. Dengan demikian maka sistem distribusi tenaga listrik dapat diklasifikasikan menjadi dua bagian sistem yaitu :

1. Sistem distribusi primer ( Jaringan Tegangan Menengah )
2. Sistem distribusi sekunder ( Jaringan Tegangan Rendah )

Pengklasifikasian sistem distribusi tenaga listrik menjadi dua ini berdasarkan tingkat tegangan distribusinya.



### 2.2.1. Sistem Distribusi Primer

Jaringan Distribusi Primer merupakan sistem tenaga listrik yang menyalurkan energi listrik antara Gardu Induk Distribusi sampai ke Gardu Distribusi dengan tegangan kerja 20 kV atau 6 kV. Oleh karena itu sering disebut dengan sistem distribusi tegangan menengah

### 2.2.2. Sistem Distribusi Sekunder

Tingkat tegangan yang digunakan pada sistem distribusi sekunder adalah tegangan rendah yaitu 127/220 volt atau 220/380 volt, oleh karena itu sistem distribusi ini sering disebut dengan sistem distribusi tegangan rendah.

Sistem jaringan yang digunakan untuk menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik tersebut dapat menggunakan sistem satu fasa dengan dua kawat maupun sistem tiga fasa dengan empat kawat.

## 2.3. Struktur Jaringan Distribusi Tenaga Listrik (Basri, 1997)

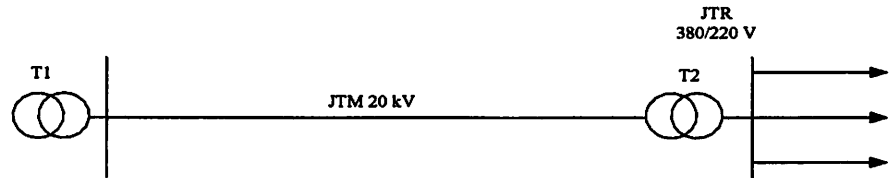
Dalam rangka mengantisipasi peningkatan kebutuhan energi listrik pada masa tertentu, maka struktur jaringan harus dipertimbangkan terlebih dahulu sehingga untuk ekspansi sistem di masa yang akan datang tidak menjadi masalah.

Ada beberapa bentuk jaringan yang umum digunakan menyalurkan dan mendistribusikan tenaga listrik, yaitu :

1. Sistem jaringan distribusi radial
2. Sistem jaringan distribusi rangkaian tertutup ( *loop* )
3. Sistem jaringan distribusi mesh

### 2.3.1. Struktur Jaringan Radial

Bentuk jaringan ini merupakan bentuk dasar yang paling sederhana dan paling banyak digunakan. Sistem ini dikatakan radial karena dari kenyataan bahwa jaringan ini ditarik secara radial dari GI ke pusat – pusat beban / konsumen yang dilayaninya. Sistem ini terdiri dari saluran utama (*tunk line*) dan saluran cabang (*lateral*).

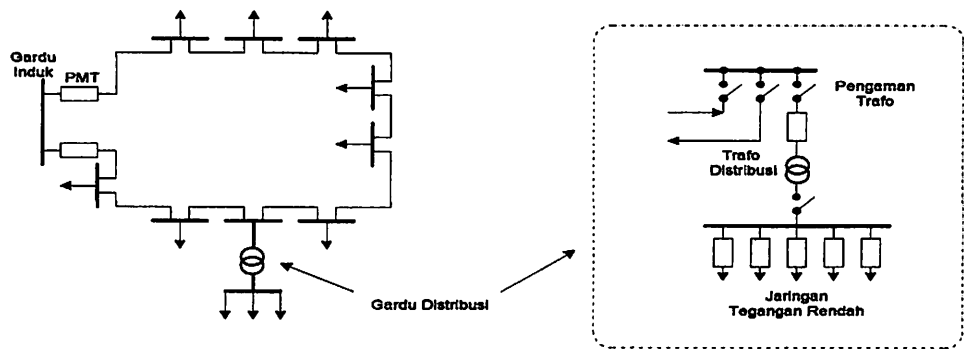


Gambar 2.3  
Bentuk Sederhana dari Sistem Distribusi Radial

Pelayanan untuk suatu daerah beban tertentu dilaksanakan dengan memasang transformator di sembarang titik pada jaringan sedekat mungkin dengan beban yang dilayani. Untuk daerah beban yang menyimpang jauh dari saluran utama maupun saluran cabang, maka akan ditarik lagi saluran tambahan yang dicabangkan pada saluran tersebut.

2.3.2. Struktur Jaringan *Loop* (Lingkaran)

Struktur jaringan loop merupakan gabungan dari dua struktur jaringan radial. Dimana pada ujung kedua jaringan dipasang sebuah pemutus (*Circuit Braker*) atau pemisah (*Disconnect Switch*). Pada saat terjadi gangguan, setelah gangguan dapat diisolir, maka pemutus atau pemisah ditutup sehingga aliran daya listrik ke bagian yang tidak terkena gangguan tidak terhenti. Struktur jaringan *loop* mempunyai keandalan yang baik, sehingga biaya pembangunannya lebih mahal dibandingkan stuktur jaringan radial.

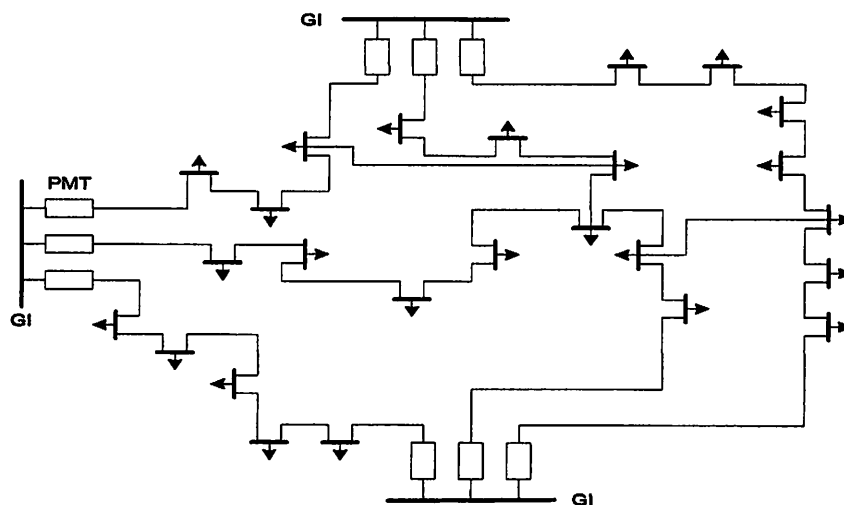


Gambar 2.4  
Jaringan Tegangan Menengah Struktur *Loop* yang dipasok dari satu sumber

2.3.3. Struktur jaringan Grid atau *Mesh* (Anyaman)

Struktur jaringan ini merupakan kombinasi antara struktur jaringan radial dengan struktur jaringan *loop*. Titik beban memiliki lebih banyak alternatif penyulang,

sehingga bila salah satu penyulang terganggu maka dengan segera dapat digantikan oleh penyulang yang lain.



Gambar 2.5  
Jaringan Tegangan Menengah Struktur Mesh

## 2.4 Analisa Aliran Daya Jaringan

Dalam melayani beban yang dibutuhkan oleh konsumen dan pengoperasian tenaga listrik perlu dilakukan suatu analisa aliran daya, sehingga sistem yang dioperasikan dapat memenuhi syarat yang baik secara teknis maupun tingkat ekonomisnya. Dalam analisa aliran daya dilakukan perhitungan-perhitungan terhadap tegangan, arus, daya aktif, reaktif, dan sudut fasa yang terdapat dalam berbagai titik pada saluran distribusi tenaga listrik.

Tujuan dari analisa daya adalah :

1. Untuk mengetahui keadaan tegangan pada setiap node dari sistem tenaga.
2. Untuk mengetahui besarnya daya yang mengalir pada setiap saluran dari struktur jaringan
3. Untuk mengetahui besar rugi-rugi daya yang mengalir pada setiap saluran.

### 2.4.1 Daya Dalam Sistem Tenaga (Basri, 1997)

Dalam sistem tenaga listrik, pembangkit-pembangkit tenaga listrik harus mampu menyediakan tenaga listrik kepada pelanggan sesuai dengan permintaan beban listrik yang ada, dan hal yang harus diperhatikan adalah sistem yang tetap (konstan). Dalam hal ini tegangan dan frekuensi harus tetap konstan karena berhubungan dengan daya

Daya listrik yang dibangkitkan dikenal dengan istilah :

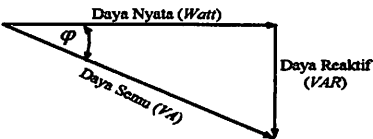
2.4.1.1. Daya Nyata (*Real Power*)

Daya nyata dinyatakan dalam persamaan :

$$P = |V| |I| \cos \varphi \dots\dots\dots(2.1)$$

Daya nyata untuk beban 3 fasa seimbang

$$P = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \cos \varphi \dots\dots\dots(2.2)$$



Gambar 2.6  
Segitiga daya

2.4.1.2. Daya Reaktif (*Reactive Power*)

Daya reaktif adalah daya yang timbul karena adanya pembentukan medan magnet pada beban-beban induktif (KVAR).

Daya reaktif dinyatakan dalam persamaan :

$$Q = |V| |I| \sin \varphi \dots\dots\dots(2.3)$$

Daya reaktif untuk beban 3 fasa seimbang :

$$Q = \sqrt{3} |V_{jala-jala}| |I_{jala-jala}| \sin \varphi \dots\dots\dots(2.4)$$

2.4.1.3. Daya Semu (*Apparent Power*)

Daya semu dinyatakan dalam persamaan :

$$S = |V| |I| \dots\dots\dots(2.5)$$

Daya semu untuk beban 3 fasa seimbang :

$$S = \sqrt{3} |V| |I| \dots\dots\dots(2.6)$$

2.4.2. Daya Reaktif dan Faktor Daya (Basri, 1997)

Setiap pemakaian daya reaktif akan menyebabkan turunnya faktor daya yang kemudian menyebabkan memburuknya karakteristik kerja peralatan-peralatan sistem

pada umumnya, baik dari segi teknik operasional maupun segi ekonomisnya, faktor daya adalah perbandingan antara daya nyata dan daya semu.

$$Faktor\ daya = \frac{Daya\ Nyata\ (kW)}{Daya\ Semu\ (kVA)} \dots\dots\dots(2.7)$$

Untuk daya semu sendiri dibentuk oleh dua komponen daya nyata (kW) dan komponen daya reaktif (kVAR).

Dengan faktor daya =  $\cos\phi = \frac{P}{S}$

$$\cos\phi = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}} \dots\dots\dots(2.8)$$

- Dimana :
- P = Daya Nyata (kW)
  - Q = Daya Semu (kVAR)
  - S = Daya Semu (kVA)
  - $\phi$  = Sudut Fasa

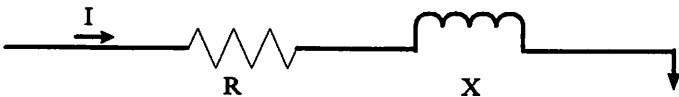
Faktor daya (  $\cos\phi$  ) akan mendahului (*leading*) apabila arus mendahului tegangan dan akan tertinggal (*lagging*) bila arus terbelakang terhadap tegangan. Dengan diketahui besarnya faktor daya yang terjadi maka, berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan nilai masing-masing daya yaitusebagai berikut:

- Daya semu :  $S = P + jQ$  dengan satuan kVA
- Daya nyata :  $P = S \cos \phi$  dengan satuan kW
- Daya Reaktif :  $Q = S \sin \phi$  dengan satuan kVar

Beberapa sebab sistem distribusi mempunyai faktor daya yang rendah, yaitu:

- Banyaknya pemakaian motor asinkron terutama pada industri.
- Makin meningkatnya pemakaian lampu TL untuk penerangan.
- Pemakaian pemanas air.

Menurunnya faktor daya berarti mengecilnya perbandingan antara daya nyata dengan daya semu atau berarti semakin membesarnya kebutuhan beban dan daya aktif.



Gambar 2.7  
Saluran Distribusi Primer <sup>[3]</sup>



Karena pada saluran terdapat resistansi R dan reaktansi X, maka rugi daya ( $P_L$ ) dirumuskan sebagai berikut:

$$P_L = I^2 R$$
$$= (I \cos \varphi)^2 R + (I \sin \varphi)^2 R \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana :

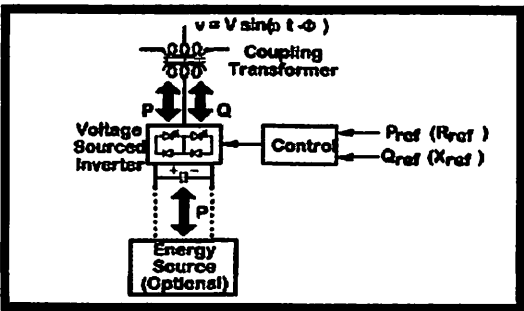
I adalah arus dengan satuan Ampere ( A )

R adalah tahanan dengan satuan Ohm (  $\Omega$  )

Dalam hubungan segitiga daya rumus ini mengacu pada gambar 2.6

**2.5 Static Synchronous Series Compensator (SSSC) (Hingorani, Gyugyi, 2000)**

SSSC adalah suatu sumber tegangan seri yang didasarkan pada kontrol Flexible AC Transmition System (FACTS). SSSC biasanya dikombinasikan dengan Static Synchronous Compensator (STATCOM) dan dioperasikan sebagai United Power Flow Control (UPFC). Akan tetapi STATCOM dan SSSC dapat dirancang untuk operasi secara sendiri-sendiri. SSSC dapat dioperasikan dengan model injeksi tegangan searah saat STATCOM tidak mampu melayani operasi tersebut. Fasor tegangan injeksi biasanya dipenuhi dalam nilai kuadrat dengan fasor arus jaringan transmisi. Dengan demikian, SSSC dapat menyediakan kompensasi reaktif seri secara penuh. Aliran daya aktif pada jaringan transmisi dapat diatur dari pengontrolan nilai kuadrat tegangan dari SSSC.<sup>[1]</sup>



Gambar 2.8

Sumber Tegangan Sinkron yang Bekerja dengan Voltage Source Inverter

Sumber tegangan sinkron adalah analogi tentang generator elektromagnet ideal, yang dapat menghasilkan set tegangan alternatif yang diinginkan oleh frekuensi fundamental dengan control amplitude dan sudut fasa , menghasilkan atau menyerap

daya reaktif ketika sistem daya listrik berfungsi seperti kompensator sinkron. Dan pengurangan daya aktif dengan mengubah sistem ac dengan dc dan dapat digabungkan sumber energi listrik atau energi yang disimpan (baterai). SVS untuk aplikasi daya transmisi dapat diimplementasikan bermacam-macam, converter daya switching static, menggunakan peralatan switching semikonduktor dengan seting yang sudah disesuaikan dengan karakteristiknya. Dan digunakan GTO thyristor dan dinamakan konfigurasi sirkuit multi pulsa.

SVS harus terdapat sumber internal daya reaktif untuk merubah menjadi terminal AC. Dimana, SVS dapat dipertimbangkan agar lebih fungsional sebagai generator ideal yang dapat dioperasikan dengan sumber kapasitor dc yang relative kecil yang cukup untuk mengubah daya reaktif dengan sistem ac atau, dengan external DC power supply atau dengan sumber energy, untuk juga merubah secara independent control daya reaktif.

$P_s$  adalah sebuah fungsi parameter untuk *degree of series compensation*  $s$  ( $s = X_c / X_l$ )

$$P_s = \frac{V^2}{X_L(1-s)} \sin \delta \dots\dots\dots(2.10)$$

Dimana,  $V = V_1 = V_2$  dan  $\delta = \delta_1 = \delta_2$ . daya normal  $P_s$  dengan sudut  $\delta$  sebagai fungsi parameter  $s$ .

Injeksi SSSC tegangan kompensasi seri yang diseri dengan *irrespective* dari *line current*. Daya kirim  $P_q$  dimana menjadi sebuah fungsi parameter dari tegangan injeksi,  $V_q = |V_q| \rightarrow \bar{V}_q = \{ \bar{I} / |\bar{I}| \} e^{\mp 90^\circ}$  dan dapat dituliskan dengan persamaan

$$P_q = \frac{V^2}{X_L} \sin \delta + \frac{V}{X_L} V_q \cos(\delta/2) \dots\dots\dots(2.11)$$

Daya normal  $P_q$  dengan sudut  $\delta$ , sebagai fungsi dari  $V_q$ . Untuk persamaan, tegangan normal  $V_q$  adalah terpilih untuk pemberian daya maksimum yang sama sebagai kapasitor seri dengan menyesuaikan  $\delta$ .

Sebagian dari kemampuan kompensasi yang ditunjukkan, dasar dari karakteristik operasi SSSC juga menyarankan suatu perbedaan yang signifikan antara

yang dilakukan SSSC dan kapasitor seri dibawah kondisi dari variabel jaringan reaktansi. Inti dari perbedaan adalah bahwa SSSC tidak hanya dapat disesuaikan dengan suatu jaringan induktansi yang terbatas untuk mendapatkan resonansi seri pada frekuensi yang fundamental, karena pesilangan tegangan jaringan reaktansi, dimana dalam semua kasus yang nyata, menjadi lebih besar , dan dibatasi oleh kompensasi tegangan yang disediakan oleh SSSC. Tagangan mengkompensasi di atur oleh control dan dengan sendirinya impedansi jaringan berubah. Bahwa, tegangan  $V_x$  persilangan dengan jaringan ideal untuk reaktansi  $X$  ( $R = 0$ ) dan untuk  $\delta$  ditentukan sebagai fungsi hanya untuk tegangan kompensasi  $V_q$  yang diinjeksikan oleh SSSC, dan memiliki persamaan,

$$V_x = IX = V_q + 2V \sin \frac{\delta}{2} \dots\dots\dots (2.12)$$

Dimana  $V$  adalah AC sistem (l-n) tegangan, dan  $\delta$  adalah sudut transmisi. Dari rumus diatas ditunjukkan bahwa,  $V_x$  dapat sama dengan  $V_q$  hanya jika  $\delta = 0$  , dalam beberapa kasus jaringan transmisi dapat dikontrol seluruh sistemnya oleh SSSC sebagaimana jika generator dan arus jaringan dapat dibatasi untuk operasi pada  $range$   $0 \leq I \leq V_q/X$ .

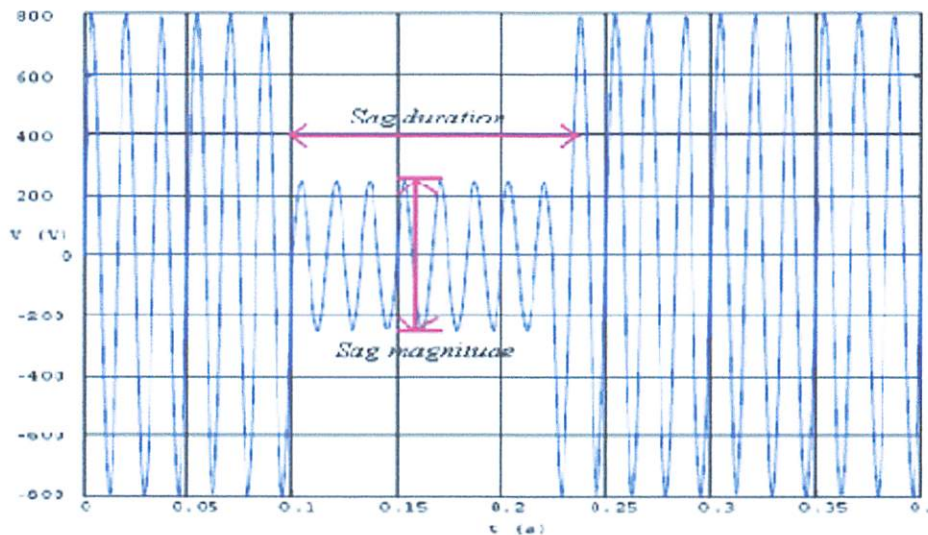
## 2.6 Tegangan Dip ( *Voltage Dip* ) (R.C Dugan, 1996)

Kualitas daya listrik ( *power quality* ) merupakan syarat yang harus dipenuhi agar peralatan listrik dapat berfungsi dengan benar. Jika kualitas daya tidak terpenuhi maka dapat menyebabkan kerusakan peralatan tersebut misalnya disebabkan karena adanya tegangan dip. Tegangan dip dapat terjadi pada suatu sistem distribusi tenaga listrik akibat adanya gangguan hubung singkat.

*Voltage Sag* atau *Voltage Dip* merupakan penurunan tegangan pada frekuensi daya antara 0.1 dan 0.9 pu selama durasi waktu dari 0.5 *cycles* hingga 1 menit yang disebabkan oleh :

1. Starting beban-beban yang besar seperti motor listrik, dimana hal ini akan menghasilkan perubahan yang cepat dari tegangan.
2. Saat de-energisasi kapasitor
3. Gangguan hubung singkat

4. Pengoperasian pemanas elektrik
5. Gangguan kenaikan impedansi sumber
6. Umumnya karena adanya kehilangan koneksi



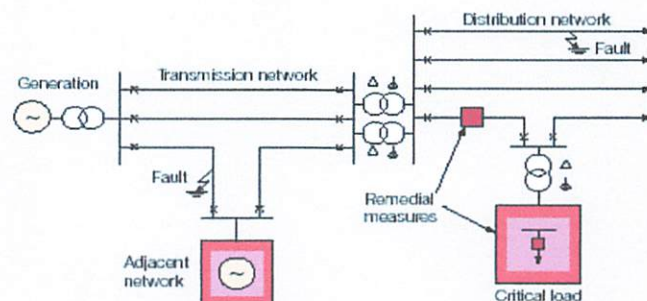
Gambar 2.9

Ilustrasi Voltage Dip

Besaran *voltage sag / dip* tergantung pada

1. Lokasi gangguan
2. Tipe gangguan: satu-, dua- atau tiga-fasa; ditanahkan atau tidak ditanahkan
3. Impedansi gangguan / resistansi

Terjadinya *Voltage Sag* akibat *fault* dapat diilustrasikan pada Gambar 2.12

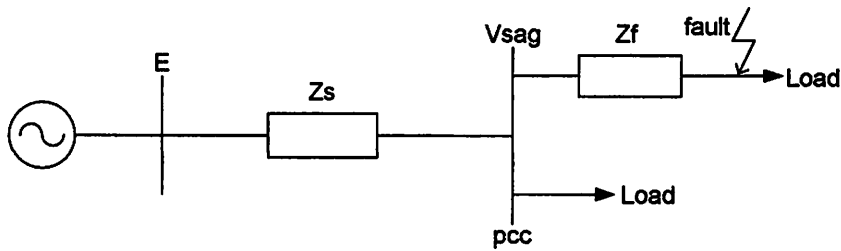


Gambar 2.10

Gambaran terjadinya *voltage sag/dip*

2.6.1 Perhitungan Nilai *Voltage Sag* dalam Sistem

Untuk menghitung besaran *voltage sag* pada sistem dapat dilihat pada contoh model yang ditunjukkan pada Gambar 2.13.



Gambar 2.11

Model pembagi tegangan untuk *voltage sag/dip*

Dari gambar 2.13 diatas dilihat adanya 2 impedansi yaitu;  $Z_s$  (impedansi sumber pada titik kopling bersama) dan  $Z_f$  (impedansi antara titik kopling bersama dan gangguan). Titik kopling bersama (*point of common coupling* atau PCC) adalah titik dimana cabang-cabang arus beban dalam posisi off dari arus gangguan. Jadi besaran kedip tegangan dinyatakan dengan persamaan:

$$Vsag = \frac{Z_F}{Z_s+Z_F} \dots\dots\dots 2.16$$

Persamaan 2.16 dapat digunakan untuk menghitung besaran *voltage sag* sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan. Karenanya dinyatakan  $Z_F = Z * L$ , dimana  $Z$  adalah impedansi dari saluran per unit panjang dan  $L$  adalah jarak antara kesalahan dan PCC. Besaran kedip tegangan sebagai fungsi dari jarak terhadap gangguan dinyatakan dengan persamaan:

$$Vsag = \frac{zL}{Z_s+zL} \dots\dots\dots 2.17$$

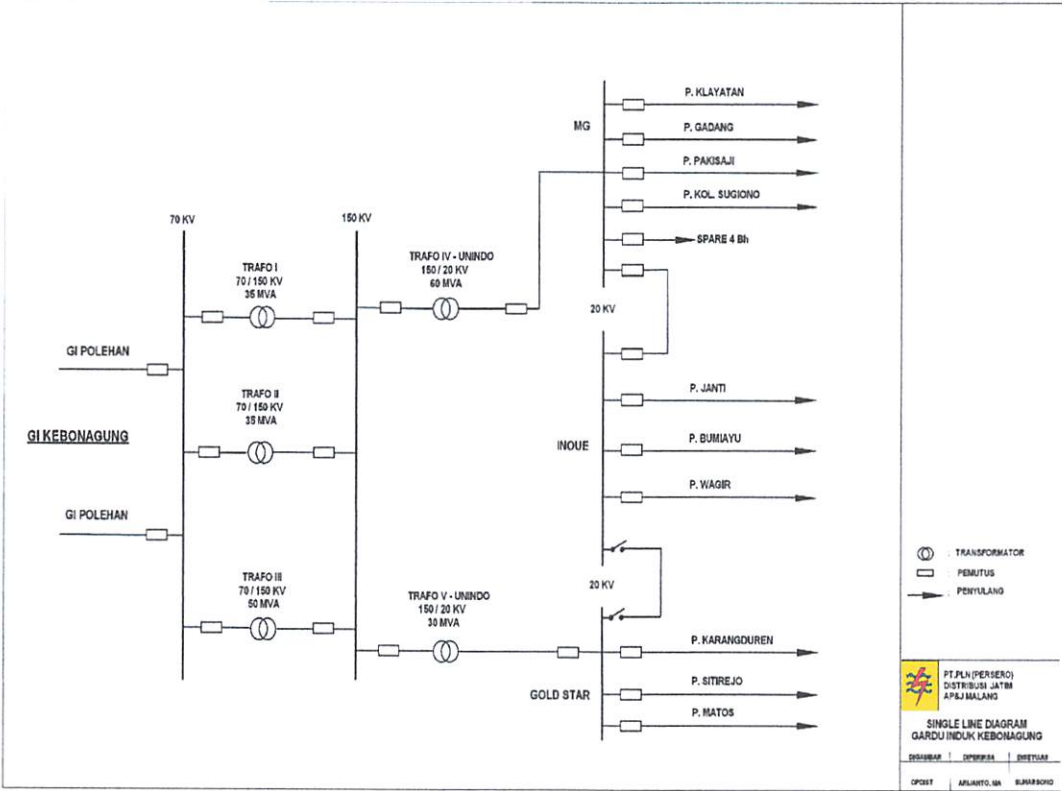
Tegangan dip berbeda dengan tegangan kurang ( *under voltage* ). Durasi tegangan kurang adalah lebih dari 1 menit dimana dapat dikontrol oleh peralatan regulasi tegangan dan disebabkan oleh sebab lain dari gangguan sistem. Oleh karena itu tegangan kurang dikelompokkan sebagai variasi tegangan durasi panjang.



**BAB III**  
**REDUKSI *VOLTAGE DIP* AKIBAT GANGGUAN HUBUNG SINGKAT**  
**MENGGUNAKAN SSSC ( *STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR* )**

**3.1. Single Line G.I. Kebonagung**

Untuk mensimulasi sistem dalam *software PSCAD Power Simulation* maka terlebih dahulu digambarkan rangkaian distribusi tersebut ke dalam lembar kerja pada *software* kemudian disimulasi sesuai dengan urutan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut adalah gambar *single line* G.I. Kebon Agung yang digunakan sebagai penelitian dalam penggunaan SSSC untuk mereduksi *voltage dip* akibat gangguan hubung singkat .



Gambar 3.1  
Sistem Distribusi 20 kV pada G.I. Kebonagung

### 3.2. *Software PSCAD/EMTDC V 4.2 Power Simulation*

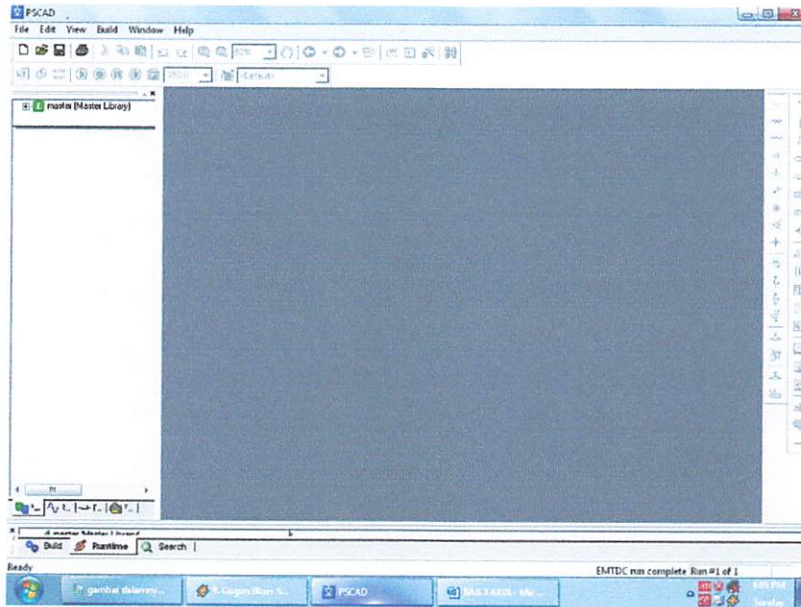
PSCAD (*Power System CAD*) adalah *graphical user interface* yang sangat baik dan fleksibel. PSCAD memungkinkan pengguna menggambar mengkonstruksi sebuah rangkaian, menjalankan sebuah simulasi, analisa hasil dan manajemen data terintegrasi secara lengkap. Penggambaran, pengontrolan dan pengukuran juga tersedia, jadi pengguna dapat mengubah parameter sistem, menjalankan simulasi dan melihat hasil secara langsung.

Dibawah ini adalah model umum yang terdapat di dalam studi sistem menggunakan PSCAD/EMTDC:

- *Resistors, inductors, capacitors*
- *Mutually coupled windings, such as transformers*
- *Frequency dependent transmission lines and cables (including the most accurate time domain line model in the world)*
- *Current and voltage sources*
- *Switches and breakers*
- *Protection and relaying*
- *Diodes, thyristors, GTOs, IGBTs*
- *Analog and digital control functions*
- *AC and DC machines, exciters, governors, stabilizers and inertial models*
- *Meters and measuring functions*
- *Generic DC and AC controls*
- *HVDC, SVC, and other FACTS controllers*
- *Wind source, turbines and governors*

### 3.3. Memulai PSCAD/EMTDC Power Simulation

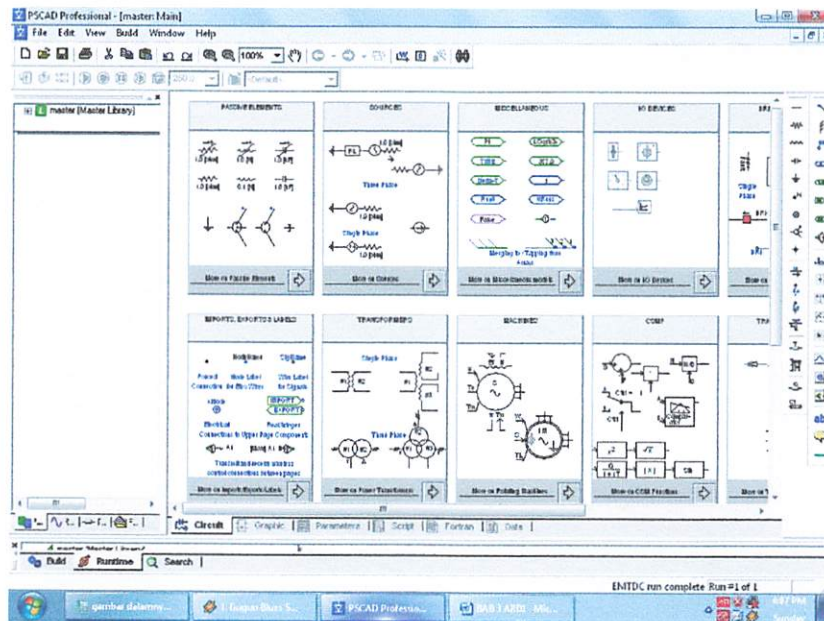
Tampilan Utama PSCAD Power Simulation adalah sebagai berikut :



Gambar 3.2

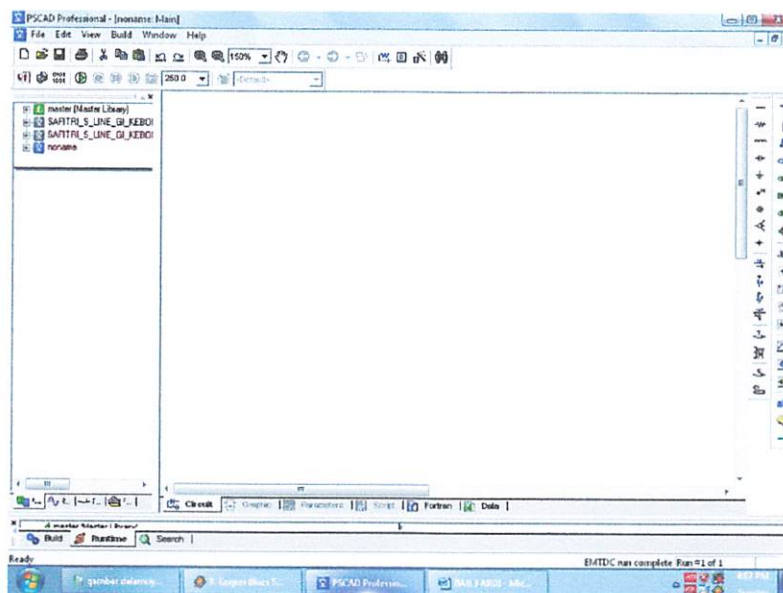
Tampilan utama Software PSCAD/EMTDC Power Simulation

- Untuk memulai membuat *single line* baru maka kita klik: File > New > case. Setelah melakukan prosedur di atas secara *default* PSCAD akan memberi nama *file* baru yang kita buat dengan nama “noname”. Kemudian kita klik nama *file*-nya maka akan muncul tampilan seperti Gambar 3.2.
- Semua komponen yang akan digunakan dalam menggambar *single line* terdapat di dalam *Master Library* seperti pada tampilan di bawah ini. Untuk menggunakan *right klik on the component* > *copy* dan kemudian *paste* pada modul.



Gambar 3.3.  
Tampilan *Master Library*

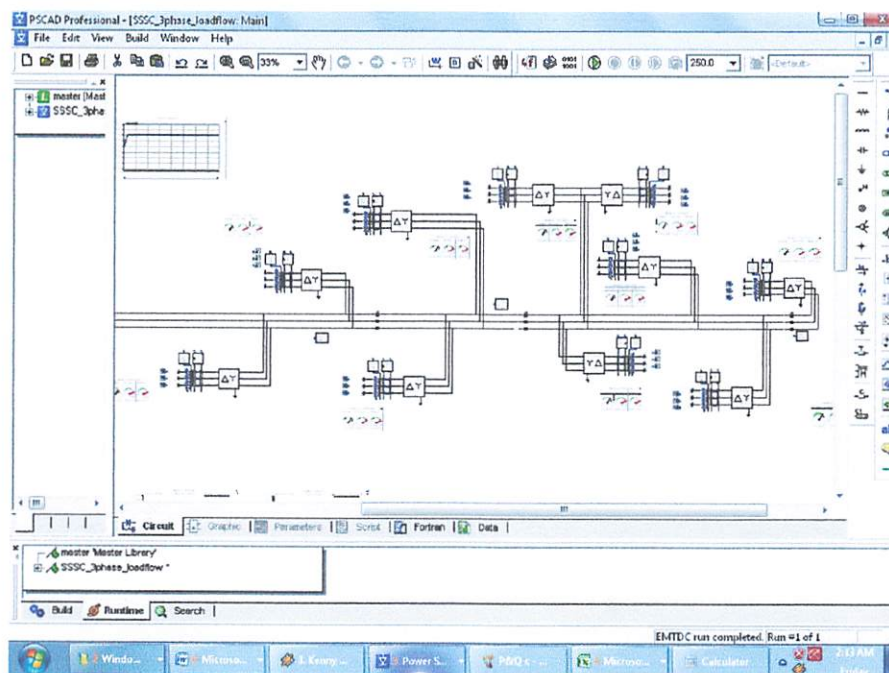
- *Double klik file* baru yang sudah dibuat, maka akan muncul tampilan seperti di bawah ini, komponen-komponen dirangkai dalam modul ini.



Gambar 3.4  
Tampilan Modul Utama

- Setelah mendesain sistem seperti yang dibutuhkan, maka dapat kita lihat tampilan single line dalam modul utama sebagai berikut.





Gambar 3.5

Tampilan *Single Line* Distribusi Tenaga Listrik GI Kebon Agung  
Dalam PSCAD

### 3.4. Sistem Pengendalian PWM Sinusoida

#### 3.4.1. PWM Sinusoida

Gelombang sinusoidal pada tiga VSC dikendalikan dengan teknik PWM. Rencana Kendali berdasarkan PWM berkenaan dengan SSSC diterangkan pada bagian ini. Rencana Kendali untuk *Harmonic Filter* ( HF ) mengikuti prinsip yang sama. Tujuan rencana kendali adalah untuk memelihara *magnitude* tegangan konstan suatu beban sensitif. Sistem kendali mengukur tegangan rms di titik beban tidak dibutuhkan pengukuran daya reaktif. Strategi penyakelaran VSC adalah didasarkan pada suatu teknik PWM sinusoidal, yang sederhana dan memberikan respon yang baik. Metode PWM menawarkan suatu pilihan yang lebih fleksibel. Suatu sinyal error diperoleh dengan membandingkan tegangan acuan dengan tegangan rms pengukuran di titik beban. pengontrol PI memproses sinyal error dan menghasilkan sudut penundaan yang diperlukan ( $\delta$ ) untuk membawa kesalahan itu menjadi nol. Dalam generator PWM, kendali sinyal sinusoidal adalah *phase-modulated* dengan cara sudut  $\delta$ . Sinyal yang diatur dibandingkan dengan suatu sinyal bersegi tiga (*carrier*) dalam rangka menghasilkan sinyal penyakelaran untuk VSC. Parameter utama dalam rencana sinusoidal PWM adalah index sinyal amplitudo modulasi ( $m_a$ ) pada sinyal  $V_{\text{control}}$ , dan

sinyal segi tiga pada index modulasi frekuensi ( $mf$ ). Index Amplitudo  $M_a$  dipertahankan tetap pada 1 pu, dalam hal memperoleh komponen dasar tagangan tinggi pada pengontrol keluaran. frekwensi *Switching* ditetapkan pada 450 Hz,  $M_f = 9$ , dan kasus pengujian dilakukan pada jaringan yang stabil. Sudut modulasi diterapkan pada pembangkit sinyal PWM pada fasa A. untuk fasa B dan C dengan pergeseran berturut-turut  $120^\circ$  dan  $240^\circ$ . Penerapan pengendalian sangat sederhana dengan menggunakan sinyal tegangan sebagai variabel umpan balik dalam perencanaan pengontrolan. Kecepatan respon dan efektifitas perencanaan pengontrolan ditunjukkan dalam hasil simulasi.

### 3.4.2. Aksi Kontrol *PWM* Sinusoida Terhadap *SSSC*

Prinsip dari *SSSC* adalah menerima dan memproses sinyal *error* dari sumber. Hasilnya kemudian dimasukan ke *PWM Voltage Source Converter* tiga fasa pada rangkaian utama. Dari hasil perhitungan arus referensi yang dihasilkan oleh sinyal *error* antara tegangan beban dengan tegangan referensi. Jadi sinyal yang diolah oleh PWM merupakan sinyal referensi yang diperoleh dari hasil perhitungan tersebut. Sinyal referensi ini kemudian dimodulasikan dengan sinyal *carrier* (*triangular wave*) yang berupa sinyal gigi gergaji (*saw tooth*). Sinyal *error* ini berbentuk sinusoidal yang dimodulasikan dengan sinyal gigi gergaji sebagai sinyal *carrier*. *Output* dari PWM di atas digunakan untuk mentrigger rangkaian *switching* yang terdiri atas 6 GTO tiap fasa terdiri dari 2 GTO.

## 3.5. Aksi Kontrol Proporsional Integral (PI)

### 3.5.1. Umum

Kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam perkembangan ilmu dan teknologi. Disamping banyak diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian penting dan terpadu dari proses-proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya, kontrol otomatis telah memegang peranan yang sangat penting dalam pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Disamping banyak diperlukan pada pesawat ruang angkasa, peluru kendali, sistem pengemudi pesawat, dan sebagainya. Kontrol otomatis telah menjadi bagian yang sangat penting dan terpadu dari proses – proses dalam pabrik dan industri modern. Misalnya, kontrol otomatis



sangat diperlukan di dalam dunia industri seperti pengontrolan tekanan, suhu, kelembaban, viskositas, dan arus dalam industri proses.

Karena kemajuan dalam teori dan praktek kontrol otomatis memberikan kemudahan dalam mendapatkan performansi dari sistem dinamik, mempertinggi kualitas dan menurunkan biaya produksi, mempertinggi laju produksi, meniadakan pekerjaan-pekerjaan rutin dan membosankan yang harus dilakukan oleh manusia, dan sebagainya.

Sejarah perkembangan. Hasil karya pertama yang sangat penting dalam kontrol otomatis adalah governor sentrifugal untuk pengontrolan kecepatan mesin uap yang dibuat oleh *James Watt* pada abad ke delapan belas. Hasil karya lainnya yang penting pada tahap awal perkembangan teori kontrol dibuat oleh *Minorsky*, *Hazen*, *Nyquiste*, dan sebagainya. Pada tahun 1922, *Minorsky* membuat kontroler otomatis untuk mengendalikan pengemudian kapal dan menunjukkan cara menentukan kestabilan dari persamaan differensial yang melukiskan sistem. Pada tahun 1932 *Nyquis* mengembangkan suatu prosedur yang relatif sederhana untuk menentukan kestabilan sistem loop tertutup pada basis sistem loop terbuka terhadap masukan tunak (*steady state*) sinusoida. Pada tahun 1934 *Hazen*, yang memperkenalkan istilah servomekanis untuk sistem kontrol posisi, membahas desain servomekanis relay yang mampu mengikuti dengan baik masukan yang berubah. Selama dasawarsa 1940-an, metode respon frekuensi memungkinkan para insinyur untuk mendesain sistem kontrol linier berumpan balik yang memenuhi persyaratan kinerja. Metode respon frekuensi dan tempat kedudukan akar, yang merupakan inti teori kontrol fisik, akan membawa sistem yang stabil dan memenuhi seperangkat persyaratan kinerja yang hampir seimbang.

Hampir semua proses dalam industri membutuhkan peralatan – peralatan otomatis untuk mengendalikan parameter – parameter prosesnya. Otomatisasi tidak saja diperlukan demi operasi, keamanan, ekonomi maupun mutu produk, tetapi lebih merupakan kebutuhan pokok. Kelak akan dipelajari alat tidak mungkin menjalankan suatu proses industri tanpa bantuan sistem pengendali. Contohnya adalah pengendalian penggilingan minyak. Proses disuatu penggilingan minyak tidak mungkin dapat dijalankan tanpa bantuan fungsi sistem dari pengendalian.

Ada banyak parameter yang baru dikendalikan di dalam suatu proses. Diantaranya yang paling umum adalah tekanan (*pressure*) didalam sebuah *vassel* atau pipa, aliran (*flow*) didalam pipa, suhu temperatur di unit proses seperti *heat exchanger*, atau permukaan zat cair (*level*) disebuah tangki. Ada beberapa parameter lain diluar

keempat parameter diatas yang cukup penting dan perlu dikendalikan karena kebutuhan spesifik proses, diantaranya : PH di industri petrokimia, *water cut (w&w)* diladang minyak mentah, warna produksi suatu fasilitas pencairan gas (NGL) dan sebagainya.

Gabungan serta kerja alat-alat pengendalian otomatis inilah dinamai sistem pengendalian proses (proses contoh sistem). Sedangkan semua peralatan yang menjalankan sistem pengendali disebut instrumentasi pengendalian proses (*Prosess Control Instrumentation*).

Kedua hal ilmu tersebut berhubungan satu dengan yang lain, dimana keduanya mempunyai hakikat yang berbeda. Pembahasan tentang ilmu proses kontrol sistem lebih dipusatkan pada kerja sistem, sering kali diperlukan penjelasan melalui alat kerja.

### 3.5.2. Prinsip-Prinsip Pengendalian Proses

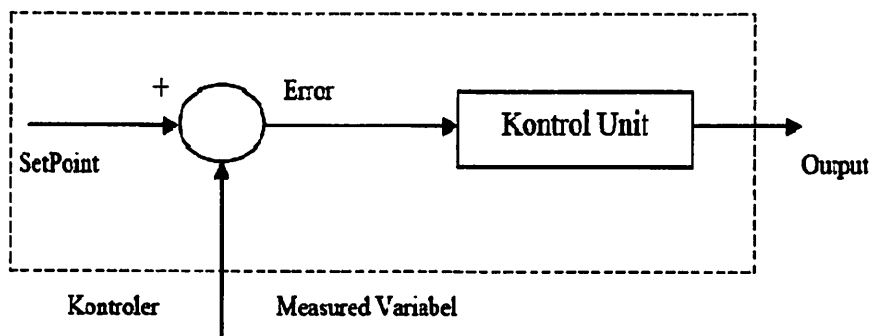
Dalam pengendali proses, operator mengerjakan empat langkah sebagai berikut: *Mengukur, Membandingkan, Menghitung dan Mengoreksi*. Keempat langkah yang dilakukan operator itu, seluruhnya dapat dikerjakan oleh instrumentasi. Manusia kemudian sama sekali tidak menentukan keempat langkah tadi. Operator hanya perlu menentukan besarnya *set point*, dan semuanya akan dikerjakan secara otomatis oleh instrument. Sistem pengendali semacam inilah yang disebut sistem pengendali otomatis (*automatik control system*). Keempat tahap pengendaliannya, sepenuhnya dilakukan oleh instrumentasi. Mata rantai pengendalinya kemudian disebut mata rantai tertutup, dan sistemnya juga disebut sistem pengendalian tertutup atau *sistem closed loop*.

### 3.5.3. Prinsip Kerja Pengendali

Ada tiga jenis pengendali kontinyu, yaitu pengendali proposional di singkat P, pengendali integral di singkat I, dan pengendali diferensial di singkat D. Karena kelebihan dan kekurangan ketiga pengendali itu, mereka seringkali dipakai dalam bentuk kombinasi, yaitu P+I disingkat PI, P+D disingkat PD, dan P+I+D disingkat PID. Ketiga jenis pengendali ini memberikan respon yang berbeda-beda. Pada dasarnya, tugas sebuah pengendali kontinyu terbagi dalam dua tahap, yaitu membandingkan dan menghitung.

Pembandingan itu sendiri dilakukan dengan mengurangi besarnya *set point* dengan besaran *measurement variabel*, yang hasilnya adalah besaran yang disebut *error*. Karena *set point* bisa lebih besar atau lebih kecil dari *measurement variable*, nilai *error* bisa positif dan bisa juga negatif. Jadi *error* adalah input unit kontrol dan *manipulated*

*variable* adalah output unit kontrol. Besarnya *manipulated variable* dihitung berdasarkan *error* dan *transfer function* unit kontrol. Bentuk *transfer function* dari unit kontrol terhitung pada “mode” yang ada dikontroler.

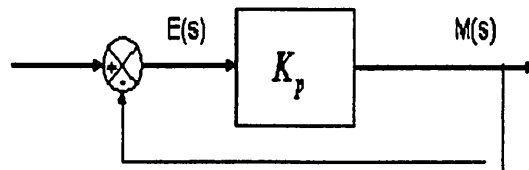


Gambar 3.6  
Kontroler Dan Diagram Kotaknya

#### 3.5.4. Pengendali Proporsional (*Proporsional Controller*)

Salah satu dari ketiga unit kontrol yang paling populer dan paling banyak dipakai adalah unit kontrol P, seperti tercermin dari namanya, besar *output* unit kontrol P selalu sebanding dengan besarnya *input*. Bentuk *transfer function* unit kontrol *proporsional* oleh karenanya akan sederhana sekali, sehingga bentuk *transfer function*-nya juga sederhana. Unit kontrol P adalah unit kontrol yang paling banyak dipakai, baik tersendiri dalam bentuk pengendali *P-only* maupun dalam kombinasi dengan mode integral (I) dan differensial (D).

Kontroler proporsional memiliki keluaran yang sebanding / proporsional dengan besarnya sinyal kesalahan (selisih antara besaran yang diinginkan dengan harga aktualnya). Secara lebih sederhana dapat dikatakan bahwa keluaran kontroler proporsional merupakan perkalian antara konstanta proporsional dengan masukan. Perubahan pada sinyal masukan akan segera menyebabkan sistem secara langsung mengubah keluarannya sebesar konstanta pengalinya. Gambar 3.6 menunjukkan blok diagram yang menggambarkan hubungan antara besaran *setting*, besaran *actual* dengan besaran keluaran kontroler proporsional. Sinyal kesalahan (*error*) merupakan selisih antara besaran *setting* dengan besaran aktualnya. Selisih ini akan mempengaruhi kontroler, untuk mengeluarkan sinyal positif (mempercepat pencapaian harga *setting*) atau negatif (memperlambat tercapainya harga yang diinginkan).



Gambar 3.7  
Diagram Blok Kontroler Proporsional

Kontroler proporsional memiliki 2 parameter, yaitu pita proporsional (*proporsional band*) dan konstanta proporsional.

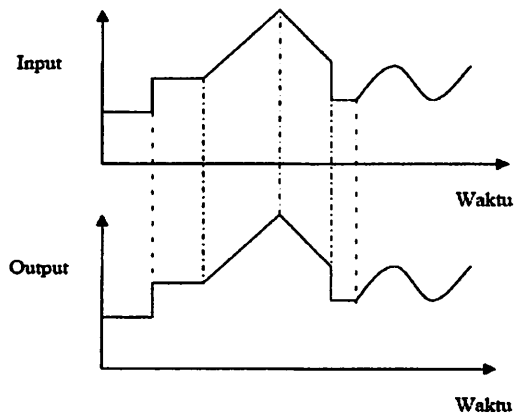
Hubungan antara pita proporsional (*PB*) dengan konstanta proporsional ( $K_p$ ) ditunjukkan secara prosentase oleh persamaan berikut ini :

$$PB = \frac{1}{K_p} \times 100\%$$

PB = Proporsional Band

$K_p$  = Konstanta Proporsional

Walaupun hubungan input-output unit kontrol proporsional bukan merupakan fungsi waktu, untuk bahan perbandingan dengan unit kontrol lain, ada baiknya kalau hubungan itu dinyatakan dalam bentuk kurva fungsi waktu. Dari gambar 3.7 jelas terlihat bahwa output selalu mengikuti input secara proporsional. Naik turunnya input diikuti secara langsung oleh output, dan besarnya selalu sama dengan input kali gain. Karena unit kontrol proporsional ini bukan fungsi waktu, dinamik gain pengendali ini sama dengan *steady state* gainnya. Dengan kata lain, besarnya gain tidak tergantung pada besarnya frekuensi loop.



**Gambar 3.8**  
**Response Sebuah Pengendali Proporsional**

Contoh pengendali integral proporsional yang mudah ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah pengisian tangki penampung air di kloset. Hal yang perlu diperhatikan pada contoh ini adalah bahwa kontrol unit di contoh bekerja secara proporsional. Artinya, koreksi dalam hal ini buka tutupnya *control valve* akan selalu sebanding dengan ketinggian level. *Set point* dalam hal ini adalah sama dengan ketinggian level maksimum.

### 3.5.5. Pengendali Integral (*Integrator Controller*)

Setelah pengendali proporsional diketahui “gagal” mengendalikan sistem secara sempurna dalam arti masih adanya *offset*. Dikarenakan sifat dasar pengendali proporsional yang masih memerlukan *error* untuk menghasilkan *output*. Oleh karena itu, untuk menghilangkan *offset*, diperlukan pengendali lain yang dapat menghasilkan *output* walaupun sudah tidak ada *input* lagi. Sifat unit inilah yang dimiliki oleh pengendali integral. Sayangnya, kemampuan pengendali integral menghilangkan *offset* tidak disertai kemampuan bereaksi secara cepat. Karena lambatnya reaksi tersebut maka pengendali integral biasanya dipakai dalam kombinasi dengan pengendali proporsional. Kedua pengendali tersebut dipasang secara paralel sehingga kelebihan kedua pengendali dapat dimanfaatkan secara serempak. Kalau diteliti dengan seksama, *offset* dapat terjadi di sistem pengendali proporsional, karena pengendali proporsional selalu membutuhkan *error* (dalam hal ini *input* ke *unit control*) untuk menghasilkan suatu *output*. Kalau tidak ada *error*, *output* yang keluar dari pengendali proporsional hanyalah bias yang biasanya disetel 50%.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Pengaruh pemasangan SSSC pada sistem jaringan distribusi G.I Kebonagung pada saat terjadi *voltage dip* diperoleh, besar reduksi voltage dip sebesar 15.94816 kVolt atau sebesar 79.74 % .

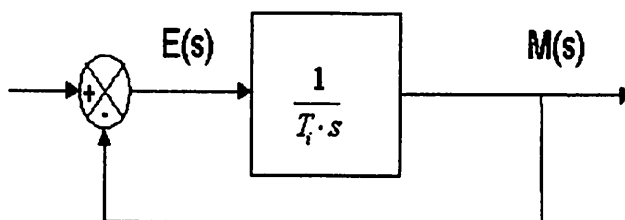
#### **5.2. Saran**

Penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan melakukan simulasi pada saat gangguan hubung singkat asimetris dan juga dengan optimasi penempatan.

Jadi untuk menghasilkan *offset* dibutuhkan sebuah pengendali lain, yang dapat menghasilkan output walaupun padanya tidak diberikan *input*. Dengan kata lain, diperlukan pengendali yang dapat menghasilkan *output* lebih besar atau lebih kecil dari bias pada saat *input (error)* sama dengan nol. Pengendali yang memenuhi kriteria ini adalah pengendali integral, disingkat I.

Kontroler integral berfungsi menghasilkan respon sistem yang memiliki kesalahan keadaan mantap nol. Kalau sebuah *plant* tidak memiliki unsur *integrator* ( $1/s$ ), kontroler proporsional tidak akan mampu menjamin keluaran sistem dengan kesalahan keadaan mantapnya nol. Dengan kontroler integral, respon sistem dapat diperbaiki, yaitu mempunyai kesalahan keadaan mantapnya nol. Kontroler integral memiliki karakteristik seperti halnya sebuah integral. Keluaran kontroler sangat dipengaruhi oleh perubahan yang sebanding dengan nilai sinyal kesalahan. Keluaran kontroler ini merupakan jumlahan yang terus menerus dari perubahan masukannya. Kalau sinyal kesalahan tidak mengalami perubahan, keluaran akan menjaga keadaan seperti sebelum terjadinya perubahan masukan.

Gambar 3.8 menunjukkan blok diagram antara kesalahan dengan keluaran suatu kontroler integral.

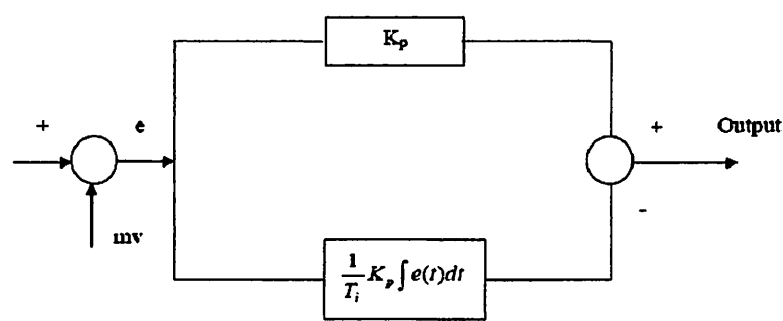


Gambar 3.9

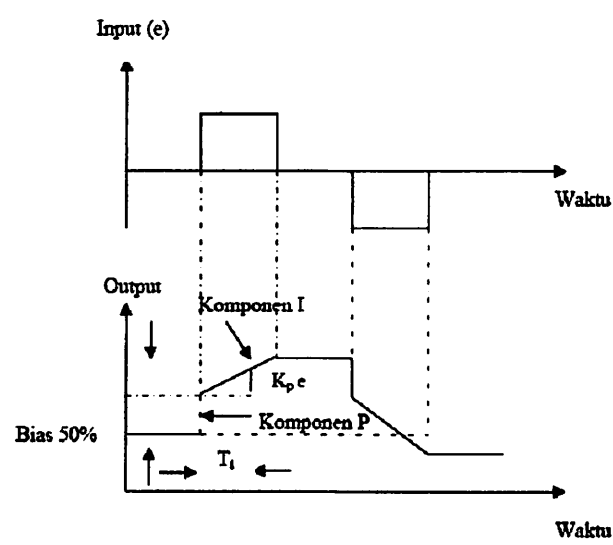
Blok Diagram Kontroler Integral

### 3.5.6. Pengendali Proporsional Integral (*PI Controller*)

Karena sifatnya yang tidak mengeluarkan *output* sebelum selang waktu tertentu, pengendali integral jadi memperlambat respon, walaupun *offset* hilang oleh karenanya. Untuk memperbaiki lambatnya respon, umumnya pengendali integral dipasang paralel dengan pengendali proporsional seperti gambar 3.9. Gabungan kedua pengendali tersebut lazim disebut dengan pengendali PI atau PI kontroler, dan pengendali dikatakan punya dua mode, yaitu P dan I.



Gambar 3.10  
Diagram Kotak Pengendali PI



Gambar 3.11  
Hubungan Input-Output Pengendali PI dalam Fungsi Waktu

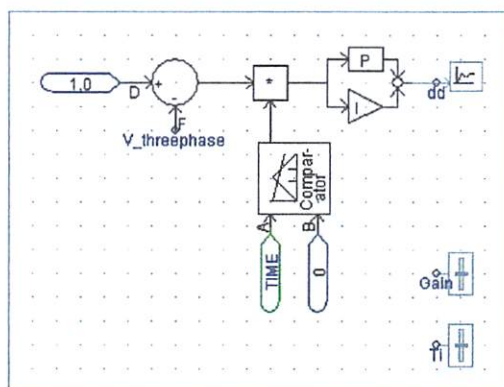


### 3.6. Kompensasi SSSC Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik

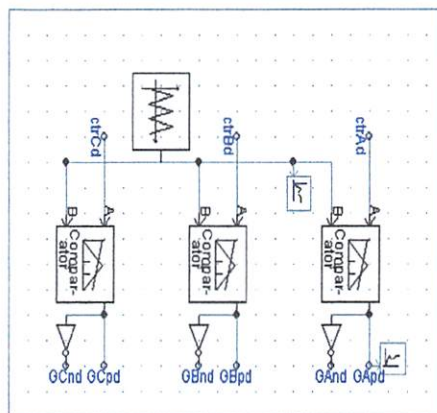
Ketidakstabilan tegangan dalam sistem distribusi bisa menyebabkan terjadinya pemborosan energi listrik. Ketidakstabilan itu dapat diartikan tegangan pada suatu fase lebih besar, lebih kecil atau berfluktuasi terhadap tegangan standar. Sedangkan akibat pemborosan energi listrik itu maka timbul panas sehingga bisa menyebabkan pertama kerusakan isolator peralatan yang dipakai. Kedua memperpendek daya isolasi pada lilitan. Sementara itu dengan ketidakseimbangan sebesar 3% saja dapat memperbesar suhu motor yang sedang beroperasi sebesar 18% dari keadaan semula. Hal ini tentunya akan menimbulkan suara bising pada motor dengan kecepatan tinggi.

Untuk mengoptimalkan pemakaian energi listrik bisa digunakan beban-beban tiruan berupa LC yang dilengkapi dengan teknologi pengendalian. Sehingga ketepatan dan keandalan dalam mendeteksi kualitas daya listrik bisa diperoleh. Pengendali itu berfungsi untuk mengolah komponen-komponen yang menentukan kualitas tenaga listrik. Seperti keseimbangan beban antar fasa dan harmonik. Apabila terdapat ketidakseimbangan antara fasa satu dengan fasa yang lainnya, maka pengendali akan memerintahkan beban-beban LC untuk membuka atau menutup agar arus disuplai ke fasa satu sehingga selisih arus antara fasa satu dengan fasa yang lainnya tidak ada. Banyaknya L atau C yang dibuka atau ditutup tergantung dari kondisi ketidakseimbangan beban yang terdeteksi oleh pengontrol. Komponen LC yang dimaksudkan diatas sudah terintegrasi dalam peralatan SSSC. Hampir semua beban dalam sistem tenaga listrik didominasi oleh beban-beban induktif seperti motor-motor listrik, inverter, UPS dan masih banyak lagi peralatan yang menggunakan komponen-komponen induktif yang berakibat menimbulkan gangguan *voltage dip*. Untuk mengatasi permasalahan ini SSSC menawarkan pengendalian yang fleksibel dalam mengatasi permasalahan yang ditimbulkan oleh beban-beban tersebut. Ini mungkin dilakukan dengan adanya perkembangan piranti elektronika daya yang berkembang cukup pesat, *full controlable* dan penggunaanya dapat dipadukan ke dalam sistem tenaga listrik baik sisi tegangan tinggi maupun tegangan rendah. Dalam hal ini SSSC dilengkapi dengan pengendali PI dan kontrol SPWM.

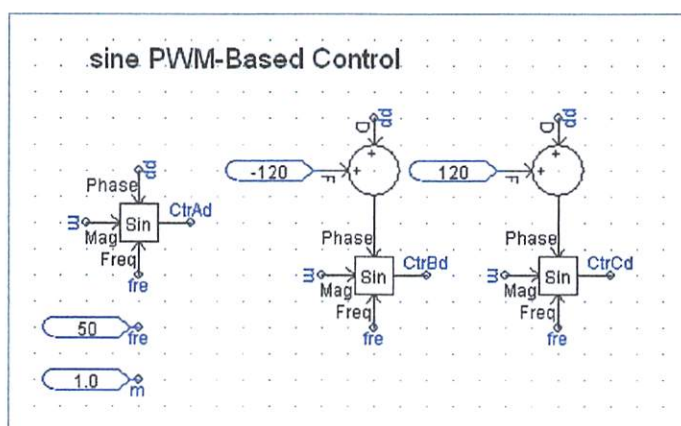
### 3.6.1. Input Data Pengendali SSSC



(a)



(b)



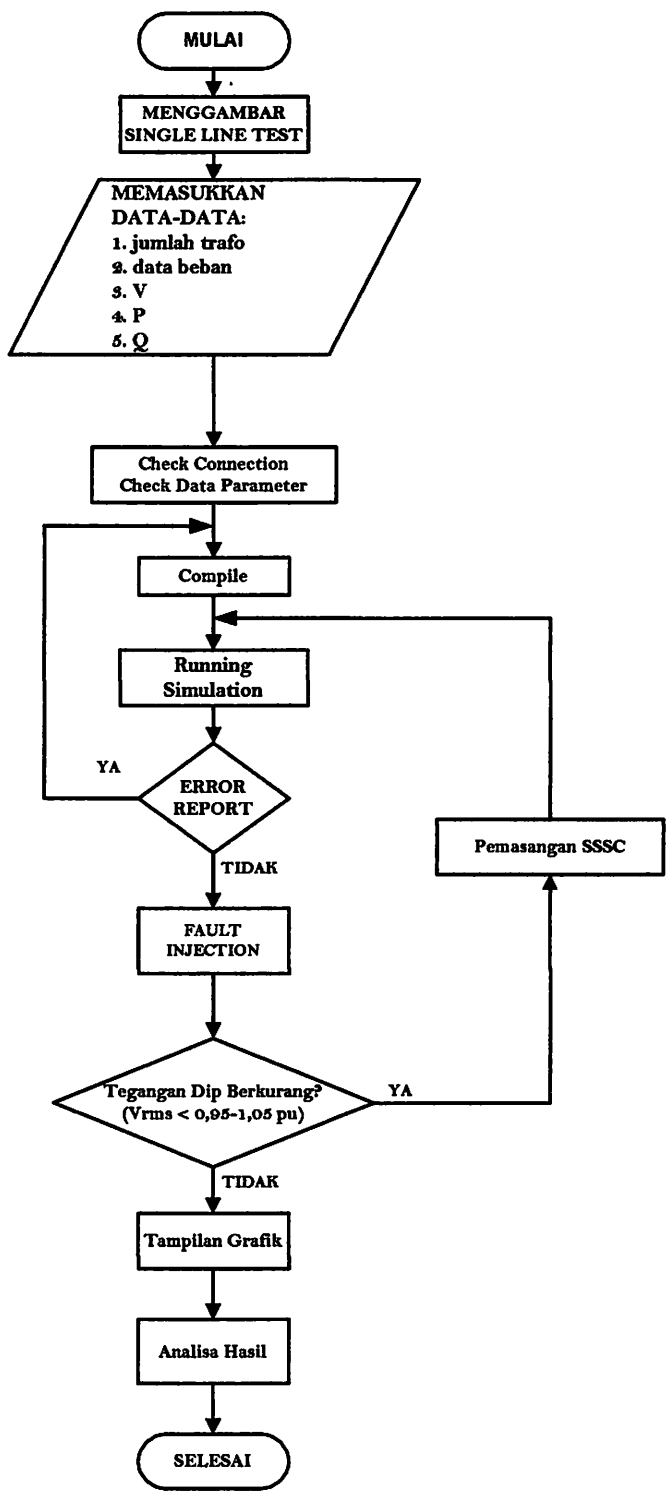
(c)

Gambar 3.12.

- (a) Rangkaian Pengendali PI untuk mengendalikan SSSC
- (b) Rangkaian PWM Untuk Mengendalikan SSSC
- (c) Rangkaian Sinyal Komparator Untuk Mengendalikan SSSC

3.7. Flowchart Hasil Simulasi Menggunakan Software PSCAD/EMTDC

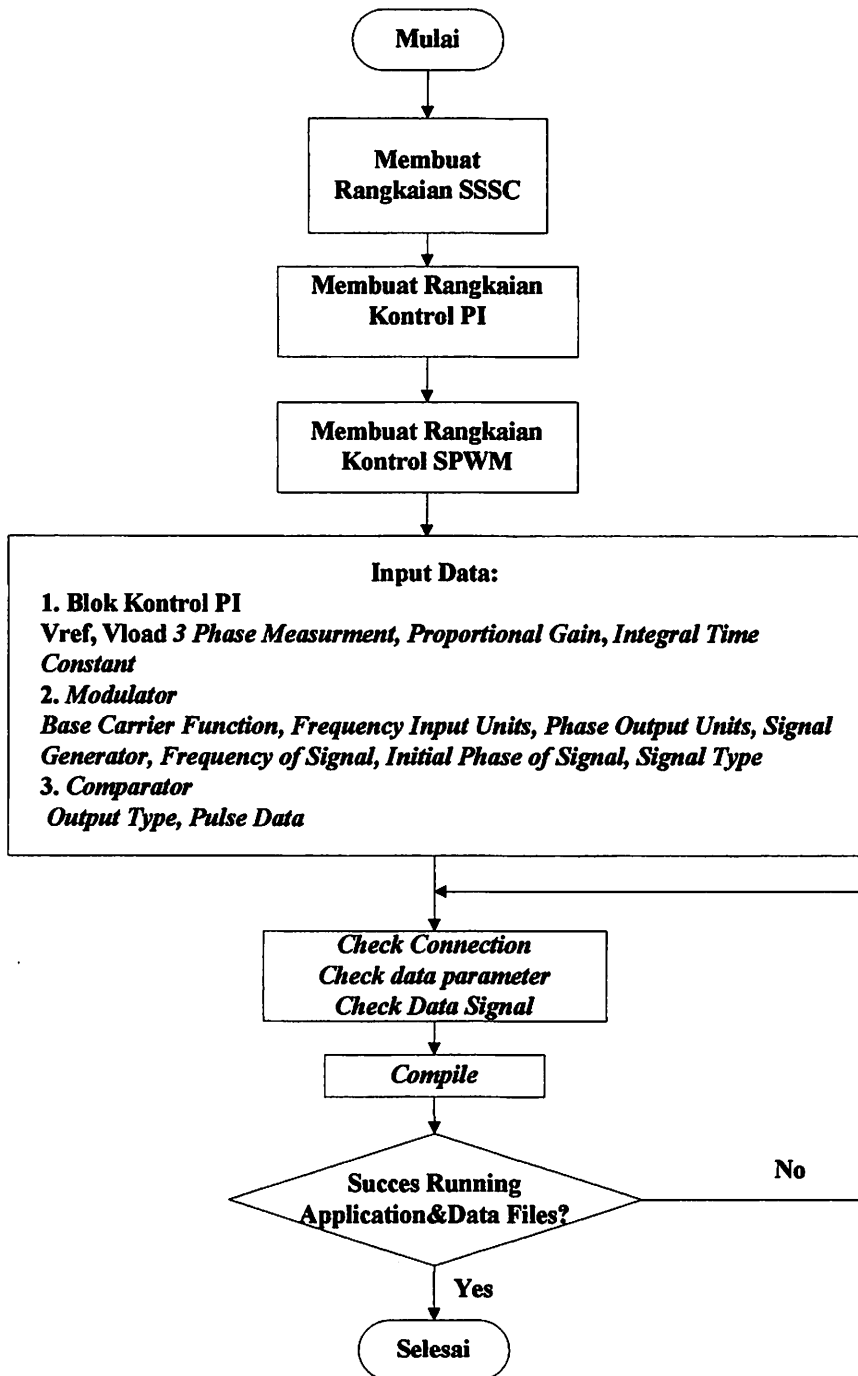
3.7.1. Flowchart Penyelesaian Masalah



Gambar. 3.13

Flowchart penyelesaian masalah

### 3.7.2. Flowchart desain rangkaian kontrol PWM



Gambar 3.14

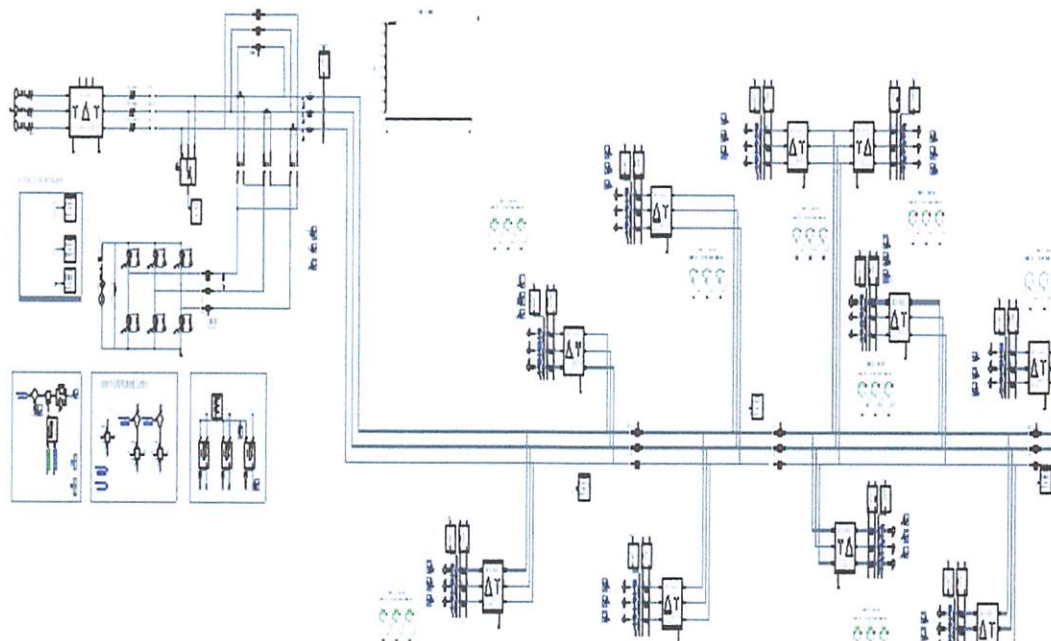
Flowchart desain control SSSC menggunakan PSCAD/EMTDC

## BAB IV

### HASIL DAN ANALISA HASIL

#### 4.1. Single Line Sistem Distribusi G.I. Kebonagung Dalam Software PSCAD Power Simulation

Untuk mensimulasi sistem dalam *software PSCAD Power Simulation* maka terlebih dahulu digambarkan rangkaian distribusi tersebut ke dalam lembar kerja pada *software* kemudian disimulasi sesuai dengan urutan langkah kerja dan menganalisa hasilnya. Berikut adalah gambar *single line* G.I. Kebon Agung yang digambarkan menggunakan *software PSCAD/EMTDC SIMULATION*.



Gambar 4.1

Sistem Distribusi G.I. Kebonagung Dalam Software *PSCAD*

4.2. Data Sistem Distribusi pada PT. PLN (PERSERO) Malang.

Sebelum pengisian data dalam program *PSCAD Power Simulation* maka di perlukan data-data hasil penelitian dilapangan, data tersebut meliputi data beban pada penyulang sebagai berikut:

Tabel 4.1  
Data Beban pada masing-masing Penyulang G.I. Kebonagung

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTAS E I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
I.	GI. KEBON AGUNG							
	Trafo IV / 60 MVA UNINDO	150 / 20 KV	1732	2000	545	844	31.5	48.7
1	P. KLAYATAN	20	436	320	117	186	26.8	42.7
2	P. GADANG	20	436	320	120	141	27.5	32.3
3	P. PAKISAJI	20	304	320	48	74	15.8	24.3
4	P. WAGIR	20	436	320	28	23	6.4	5.3
5	P. JANTI	20	436	320	81	124	18.6	28.4
6	P. BUMIAYU	20	436	400	50	86	11.5	19.7
7	P. KOL. SUGIONO	20	436	320	101	210	23.2	48.2
	Trafo V / 30 MVA TELKOM	150 / 20 KV	866	1,000	143	336	16.5	38.8
8	P. MATOS	20	436	320	18	70	4.1	16.1
9	P. KARANG DUREN	20	436	320	42	91	9.6	20.9
10	P. SITIREJO	20	385	320	83	175	21.6	45.5

4.3 Reduksi *Voltage Dip/Sag* pada *Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation*.

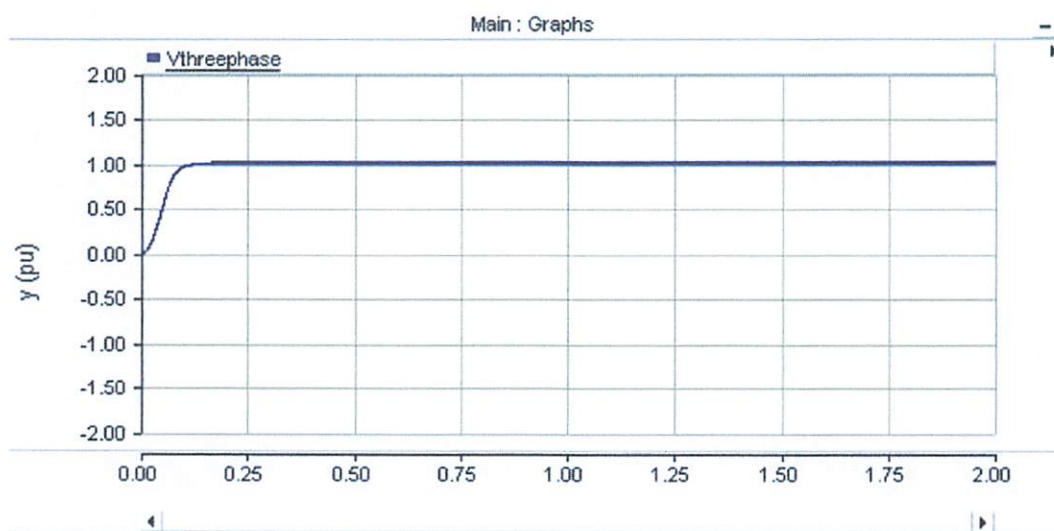
*Software PSCAD/EMTDC V.4.2 Power Simulation* merupakan *graphical user interface* yang fleksibel dan *powerful*. Dengan *software* ini secara skematik kita dapat mengkonstruksi rangkaian, menjalankan simulasi, menganalisa hasil dan manajemen data dalam sebuah integrasi yang lengkap dalam hal grafis, termasuk kontrol dan alat-alat ukur. Dengan demikian permasalahan yang ada pada G.I Kebonagung dan solusi yang ingin diberikan dapat dilakukan dengan *software PSCAD*.

#### 4.4. Hasil *Reduksi Voltage Dip* Akibat Gangguan Hubung Singkat Menggunakan SSSC

##### 4.4.1 Hasil Perhitungan dan Simulasi Sebelum Kompensasi SSSC

Pada simulasi awal, komponen SSSC tidak melakukan kompensasi sama sekali. SSSC belum bekerja dan tidak memberikan tegangan injeksi ke beban. Maka akan dapat diketahui perbedaan kondisi sistem sebelum dan sesudah menggunakan peralatan SSSC :

##### 4.4.1.1 Sistem Sebelum Mengalami Gangguan

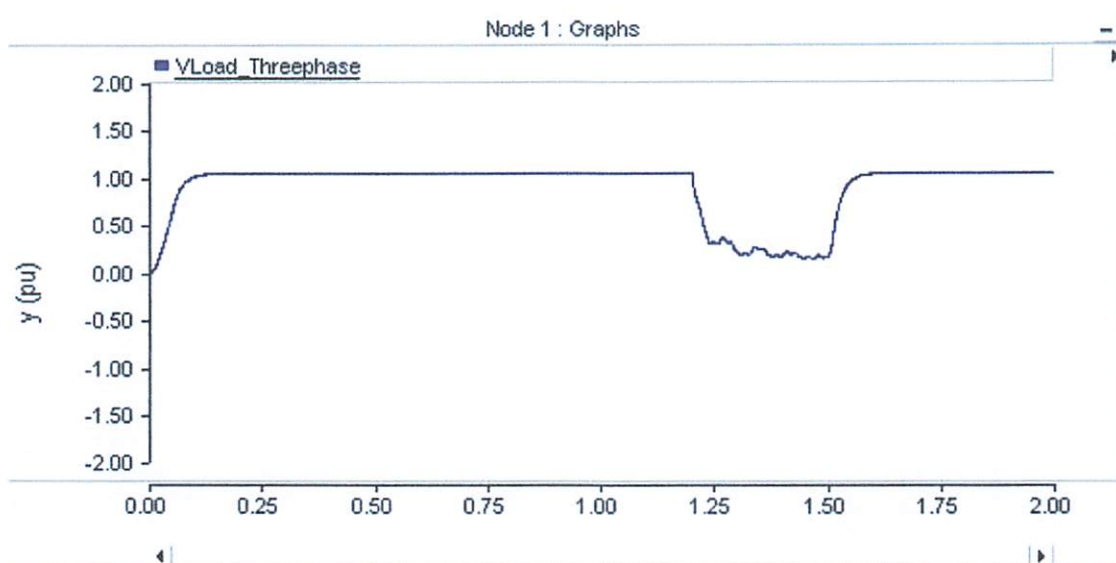


Grafik 4.1  
Bentuk Gelombang Tegangan Normal

Dari gambar gelombang diatas tampak sistem beroperasi normal. Tegangan berada pada kisaran 1.00 pu.

#### 4.4.1.2 Sistem Setelah Mengalami Gangguan

Terjadi *Voltage Dip* Selama (1200-1500 ms) Tanpa Dilakukan Kompensasi SSSC



Grafik 4.2

Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi *Voltage Dip* Tanpa Kompensasi

Pada grafik 4.2 diatas gangguan disimulasikan pada  $t$  (1.25 – 1.5 s), tampak tegangan sistem mengalami perubahan. Dari gambar tampak terjadi penurunan tegangan sebesar = 0.1 pu.

Tampilan grafik tiap trafo saat terjadi *voltage dip* sebelum kompensasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A1.



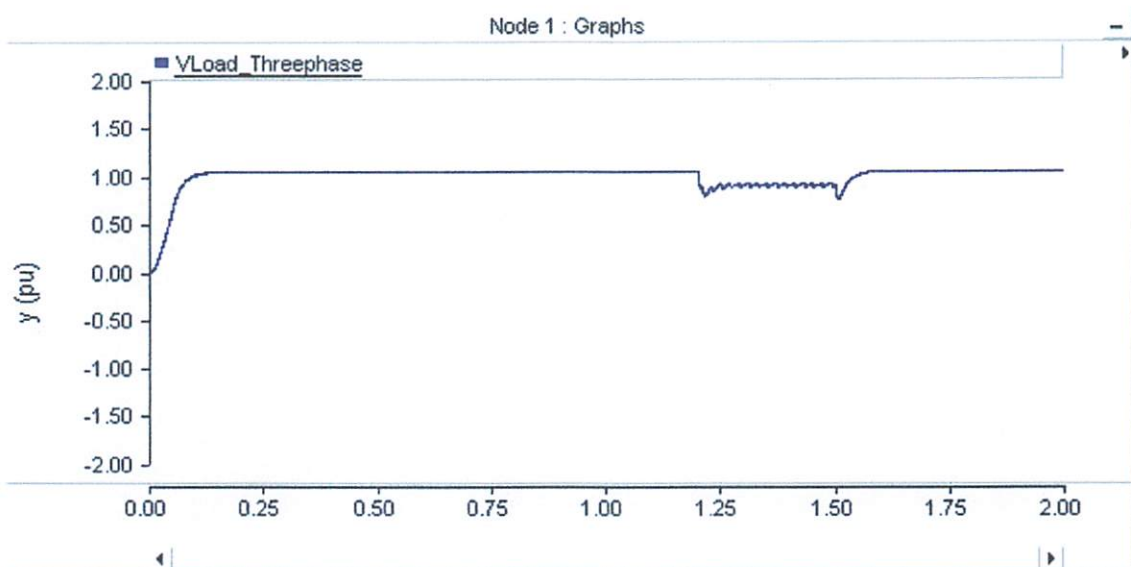
Tabel 4.2  
 Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi *Voltage Dip* Tanpa Kompensasi SSSC

Trafo ke-	Tegangan (pu)
1	0.16979
2	0.169881
3	0.169999
4	0.1684
5	0.168548
6	0.168617
7	0.168737
8	0.168449
9	0.168079
10	0.169865

Kondisi pada saat terjadinya voltage dip menunjukkan bahwa terjadi perubahan tegangan yang cukup signifikan, dimana terjadinya gangguan voltage dip menyebabkan terjadi penurunan tegangan. Sebagai contoh pada trafo 1 penurunan tegangan sebesar 0.16979 pu.

#### 4.4.2 Hasil Perhitungan dan Simulasi Setelah Kompensasi SSSC

##### Kompensasi dengan SSSC Saat Terjadi *Voltage Dip* Selama (1200-1500 ms)



Grafik 4.3

Bentuk Gelombang Tegangan Ketika Terjadi *Voltage Dip* Setelah Kompensasi SSSC

Dari grafik diatas terlihat meskipun belum bisa seperti saat sistem belum mengalami gangguan, kompensasi SSSC masih mampu mereduksi voltage dip sehingga tegangan dapat kembali pada kisaran yang diijinkan (  $0.95 < v < 1.05$  ) pu. Hal ini dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tampilan grafik tiap trafo saat terjadi *voltage dip* setelah kompensasi secara lengkap dapat dilihat pada lampiran A2.

Tabel 4.3

Hasil Nilai Keluaran Tegangan Saat Terjadi *Voltage Dip* Akibat Gangguan Tiga Fasa Simetris Dengan Kompensasi SSSC

Trafo ke-	Tegangan (pu)
1	0.952343
2	0.952994
3	0.953929
4	0.967412
5	0.957588
6	0.95812
7	0.970034
8	0.9678
9	0.965487
10	0.974634

Keadaan sistem jauh lebih stabil pada saat penggunaan kompensator SSSC dibandingkan keadaan sistem tanpa penggunaan kompensator SSSC. Hal ini dapat diamati pada saat sistem dalam keadaan steady state, saat terjadi *voltage dip* dan saat terjadi kompensasi oleh SSSC ditunjukkan pada grafik 4.1 sampai grafik 4.3.

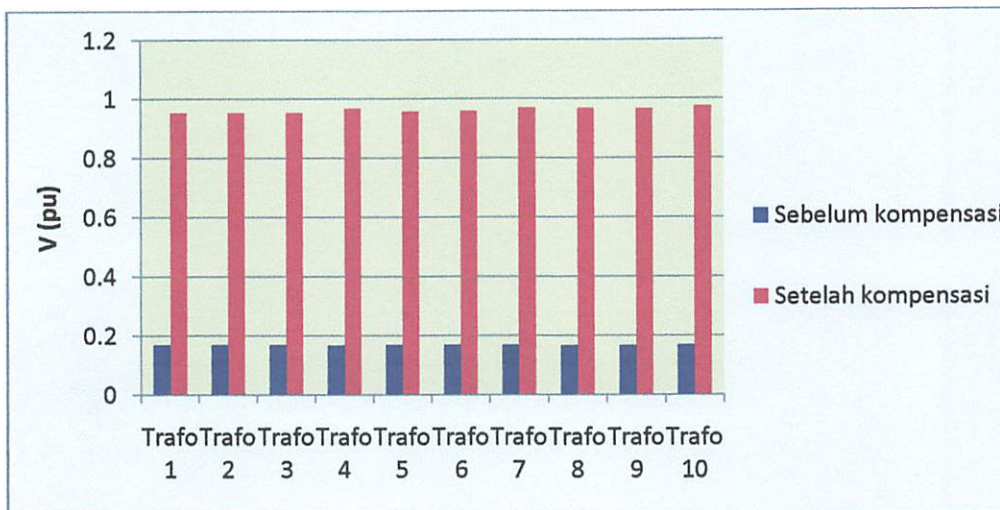
4.4.3 Perbandingan Nilai Hasil Simulasi Sebelum Kompensasi dan Sesudah Kompensasi.

4.4.3.1 Perbandingan Tegangan Dengan dan Tanpa SSSC

Untuk mengetahui kerja SSSC maka yang dilakukan adalah mencari perbedaan nilai tegangan tiap *node* dengan simulasi yang terdiri dari kondisi saat gangguan dengan kompensasi dan tanpa kompensasi.

Tabel 4.4  
Perbandingan Hasil Nilai Tegangan Saat Terjadi *Voltage Dip*  
Dengan Kompensasi dan Tanpa Kompensasi SSSC

TRAFO KE-	TEGANGAN ( pu )	
	Tanpa SSSC	Dengan SSSC
1	0.16979	0.952343
2	0.169881	0.952994
3	0.169999	0.953929
4	0.1684	0.967412
5	0.168548	0.957588
6	0.168617	0.95812
7	0.168737	0.970034
8	0.168449	0.9678
9	0.168079	0.965487
10	0.169865	0.974634



Grafik 4.4

Grafik Tegangan Sebelum Kompensasi dan Setelah Kompensasi

Dari tabel 4.4 dan grafik 4.4 terlihat perbandingan nilai tegangan sebelum dan sesudah kompensasi SSSC, dimana SSSC mampu mereduksi *voltage dip* yang terjadi pada sistem dan mampu mengembalikan tegangan pada kisaran yang diijinkan yaitu pada  $0.95 < v < 1.05$  pu.

#### 4.5 Analisa Hasil

Dari tabel 4.4 dan grafik 4.4 tampak bahwa SSSC mampu mereduksi *voltage dip* yang terjadi akibat gangguan tiga fasa simetris sehingga tegangan dapat kembali pada kisaran yang diijinkan (  $0.95 - 1.05$  pu ). Dimana ditunjukkan bahwa :

a. Trafo 1 :

Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.16979$  pu

Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.952343$  pu

b. Trafo 2 :

Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.169881$  pu

Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.952994$  pu

c. Trafo 3 :

Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.169999$  pu

Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.953929$  pu

d. Trafo 4 :

Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.1684$  pu

Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.967412$  pu

- e. Trafo 5 :  
 Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.168548$  pu  
 Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.957588$  pu
- f. Trafo 6 :  
 Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.168617$  pu  
 Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.95812$  pu
- g. Trafo 7 :  
 Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.168737$  pu  
 Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.970034$  pu
- h. Trafo 8 :  
 Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.168449$  pu  
 Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.9678$  pu
- i. Trafo 9 :  
 Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.168079$  pu  
 Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.965487$  pu
- j. Trafo 10 :  
 Sebelum kompensasi  $V_{rms} = 0.169865$  pu  
 Setelah kompensasi  $V_{rms} = 0.974634$  pu

Contoh analisa perhitungan besar tegangan yang diinjeksikan pada saluran, pada kasus ini diambil contoh pada trafo 1, dimana :

$$V_{\text{tanpa SSSC}} = 0.16979 \text{ pu}$$

$$V_{\text{dengan SSSC}} = 0.952343 \text{ pu}$$

Besar optimasi perbaikan kualitas tegangan sebesar :

$$\begin{aligned} V_{\text{optimasi}} &= V_{\text{with SSSC}} - V_{\text{without SSSC}} \\ &= 0.952343 (\text{ pu }) - 0.16979 (\text{ pu }) \\ &= 0.782553 (\text{ pu }) \end{aligned}$$

Mengingat  $V_{\text{ref}} = 20 \text{ kV}$  maka,

$$V_{\text{optimasi}} = 0.782553 \times 20 \text{ kV} = 15.65106 \text{ kV}$$

Prosentase besar  $V_{\text{optimasi}}$  yang diperoleh adalah :

$$\begin{aligned} \% V_{\text{optimasi}} &= \left| \frac{V_{\text{with SSSC}} - V_{\text{without SSSC}}}{V_{\text{with SSSC}}} \right| \times 100 \% \\ &= \left| \frac{0.952343 - 0.16979}{0.952343} \right| \times 100 \% \\ &= 0.782553 \times 100 \% = 78.26 \% \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, besar  $\% V_{\text{optimasi}}$  pada setiap trafo ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 4.5  
Prosentase  $V_{\text{optimasi}}$

TRAFO KE-	$V_{\text{OPTIMASI}}$ ( kVolt )	$\% V_{\text{OPTIMASI}}$
1	15.65106	78.26
2	15.66226	78.31
3	15.6786	78.39
4	15.98024	79.90
5	15.7808	78.90
6	15.79006	78.95
7	16.02594	80.13
8	15.98702	79.94
9	15.94816	79.74
10	16.09538	80.48

Berdasarkan simulasi gangguan hubung singkat, trafo yang mengalami voltage dip terbesar atau yang paling rentan adalah trafo 9, dimana volyage dip yang terjadi sebesar 0.168079 pu. SSSC mampu mereduksi *voltage dip* yang terjadi hingga trafo 9 mengalami kenaikan sebesar 0.965487 pu.  $V_{\text{optimasi}}$  pada trafo 5 sebesar :

$$V_{\text{optimasi}} = 15.94816 \text{ kVolt atau } 79.74 \%$$

## DAFTAR PUSTAKA

- Basri, Hasan ,” *Sistem Distribusi Daya Listrik*”, (Jakarta: ISTN, 1997)
- C.D. Schauder, el. at, S. 1998. “*Operation of the Unified Power Flow Controller (UPFC) under Practical Constraints*”. In *IEEE transaction on Power Delivery*. vol. 13, no.2
- Djiteng Marsudi, “*Operasi sistem tenaga Listrik*”, Edisi keempat, Erlangga, Jakarta, 1993
- Handoyo , Dwi Sulistyio & Abdul Syakur, Agung Warsito “*Simulasi Tegangan Dip Pada Sistem Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Model EMTP* “ . Seminar Nasional Teknik Ketenagalistrikan. (Teknik Elektro Fak. Teknik – Universitas Diponegoro, 2005).
- Hingorani,N.G., and Gyugyi,L., S. 2000. “*Understanding FACTS concepts and technology of Flexible AC Transmission Systems*”: IEEE press, 2000.
- K.K. Sen, S. 1998. “*SSSC-static synchronous series compensator: theory, modeling, and application*”. In *IEEE transaction on Power Delivery*. vol. 13, no.1
- Mohseninejad , M. Hasan & S. Javad Sajjadi, Saeed Afsharnia “*Implementation of Progressive Advance Phase Compensation Method in SSSC/ESS for Voltage Stabilization purpose* “ . ( ECE Department, Engineering Faculty – University of Tehran, 2007).
- Norshafinash Binti Saudin. “*Voltage Sags Mitigation Techniques Analysis*”. (Malaysia : Universiti Teknologi Malaysia, 2007) .
- RC. Dugan, “*Electrical Power System Quality*”, McGraw-Hill, New York, 1996.





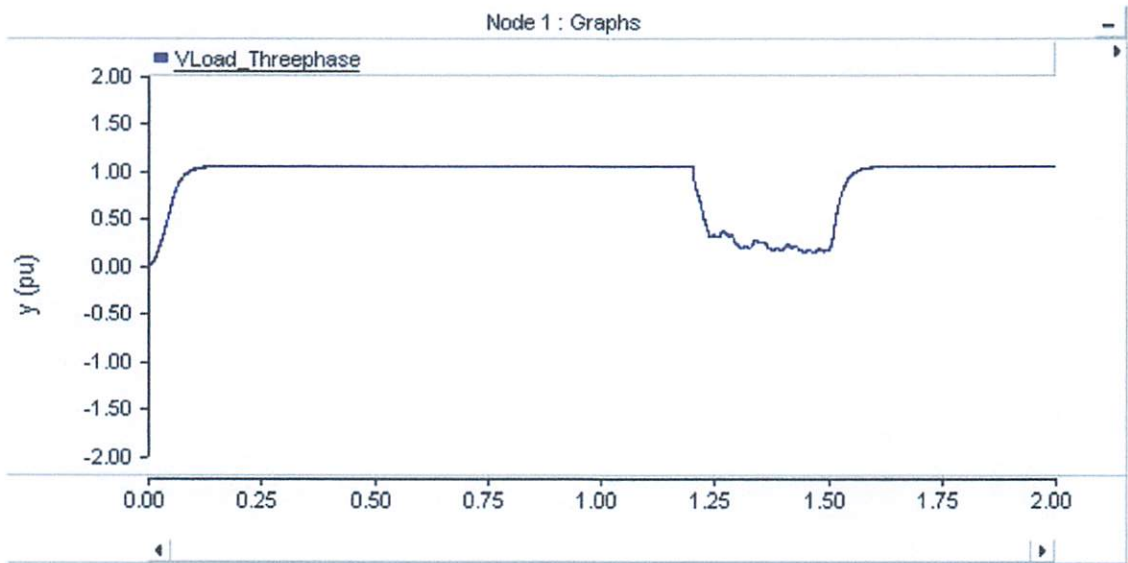


***LAMPIRAN***

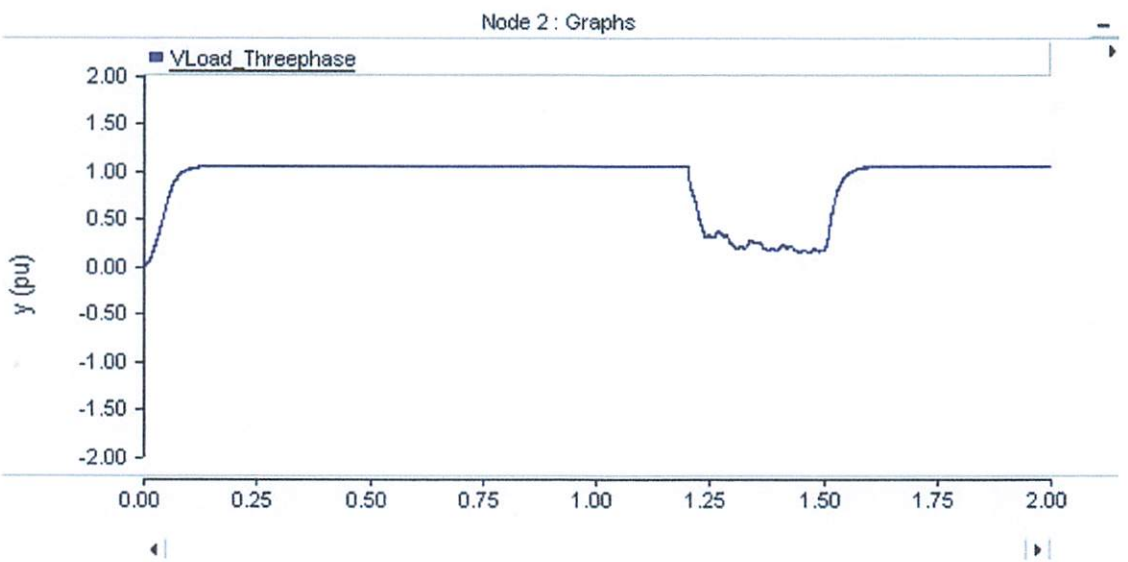
## LAMPIRAN A1

### GRAFIK TEGANGAN SEBELUM KOMPENSASI

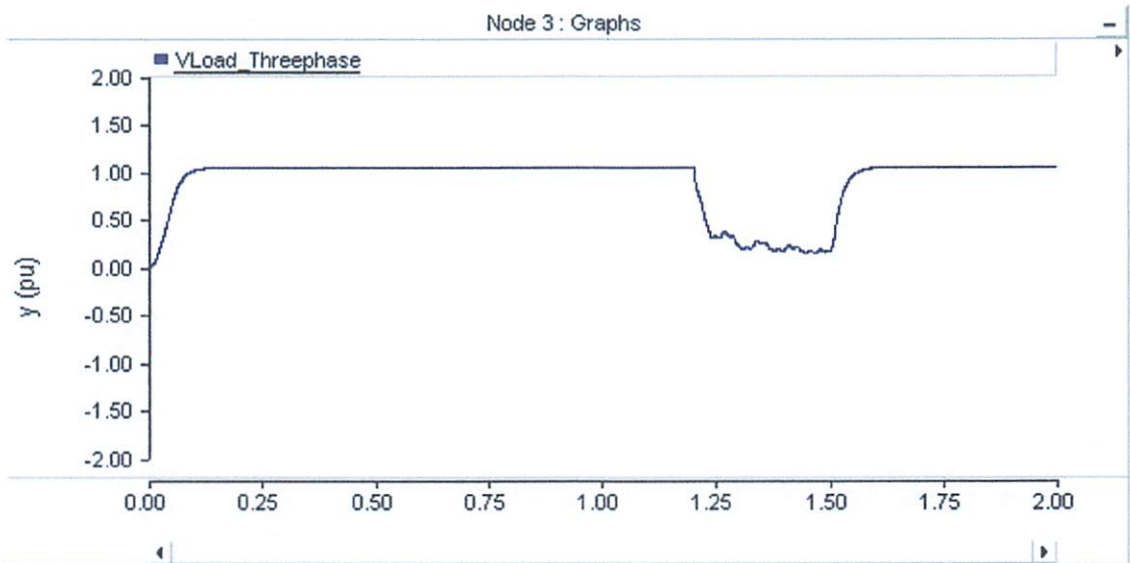
TRAFO 1



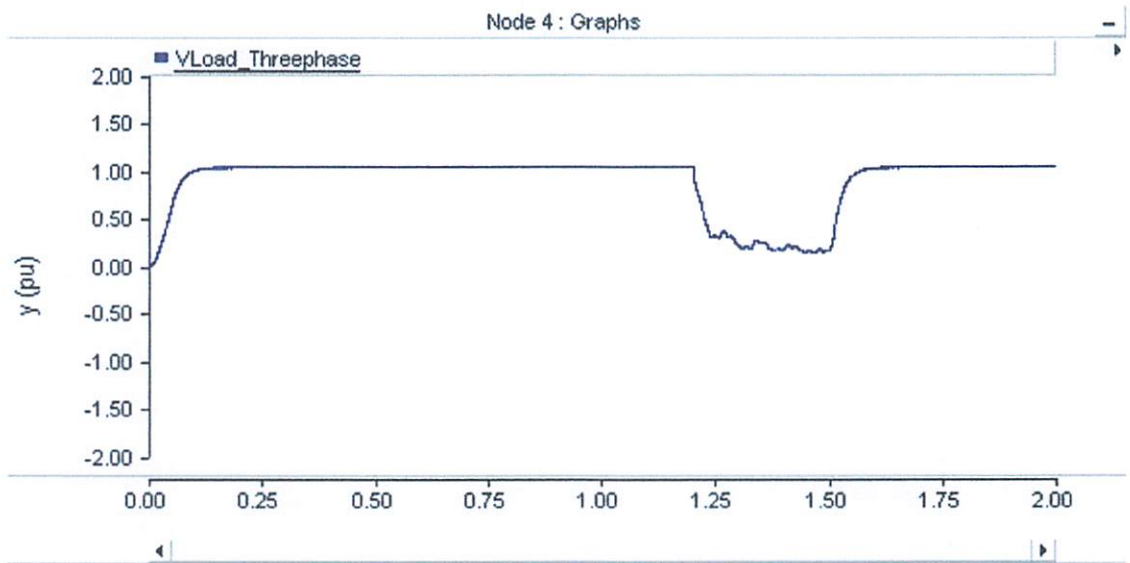
TRAFO 2



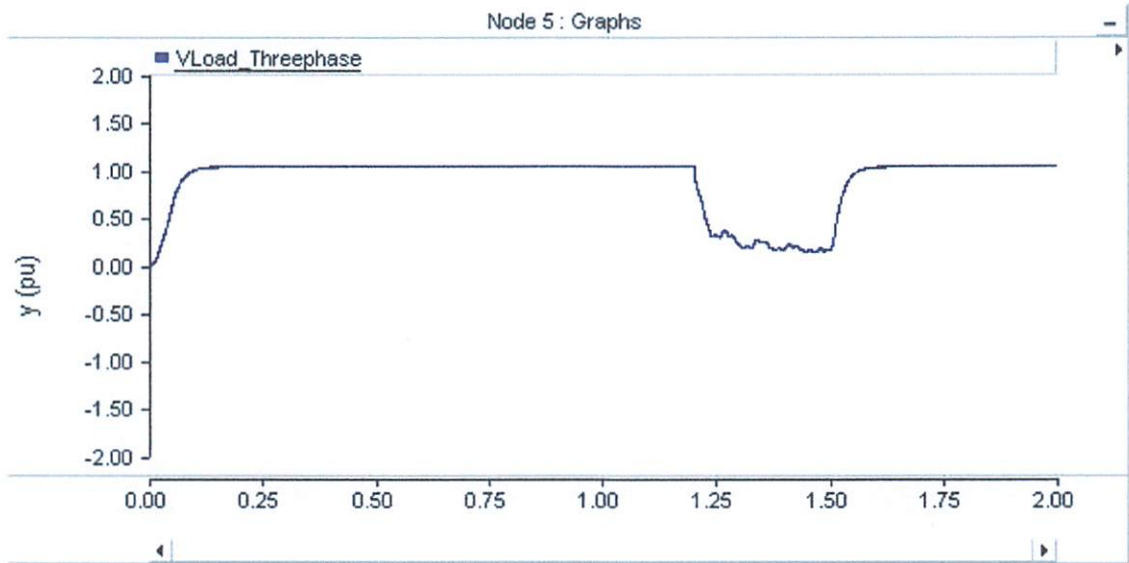
TRAFO 3



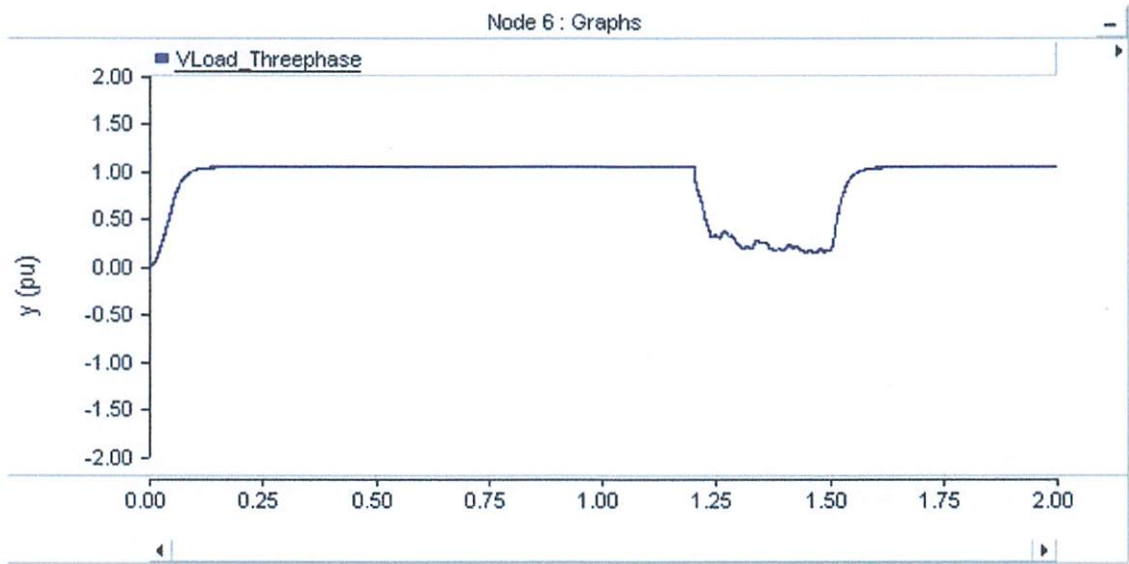
TRAFO 4



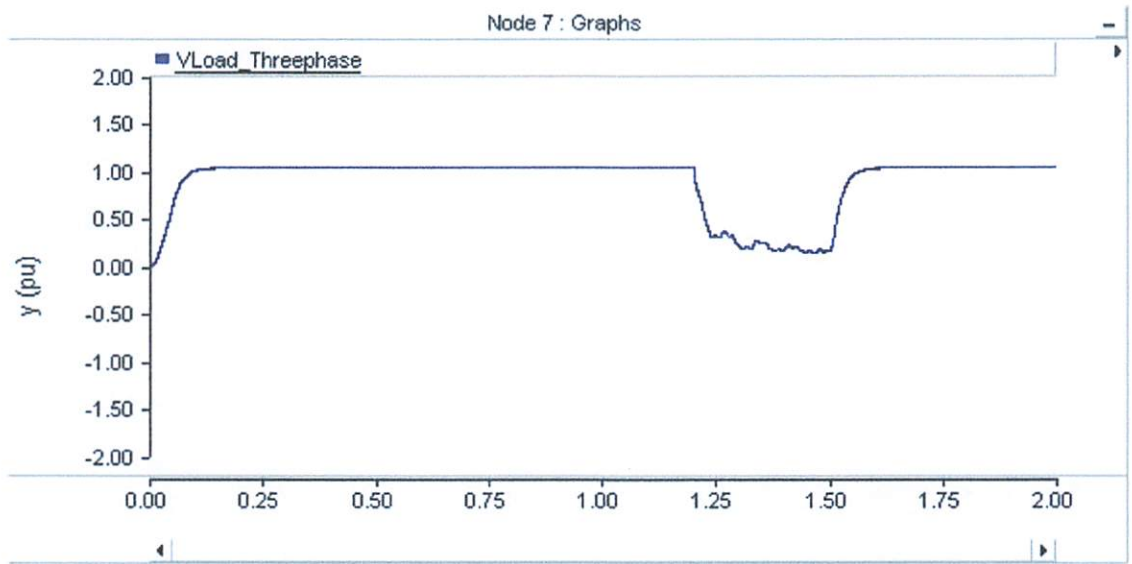
TRAFO 5



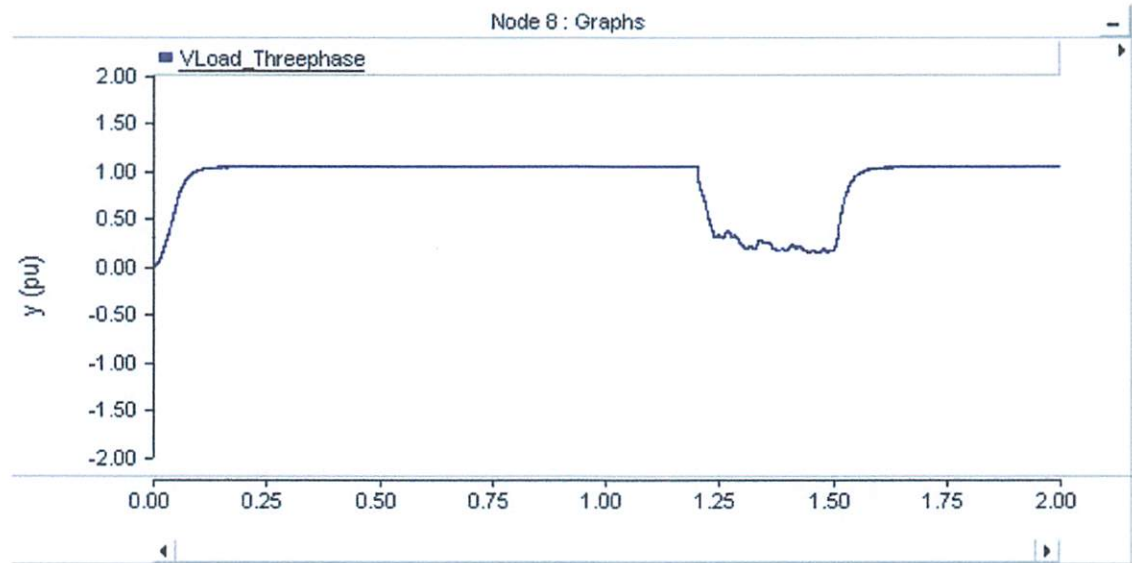
TRAFO 6



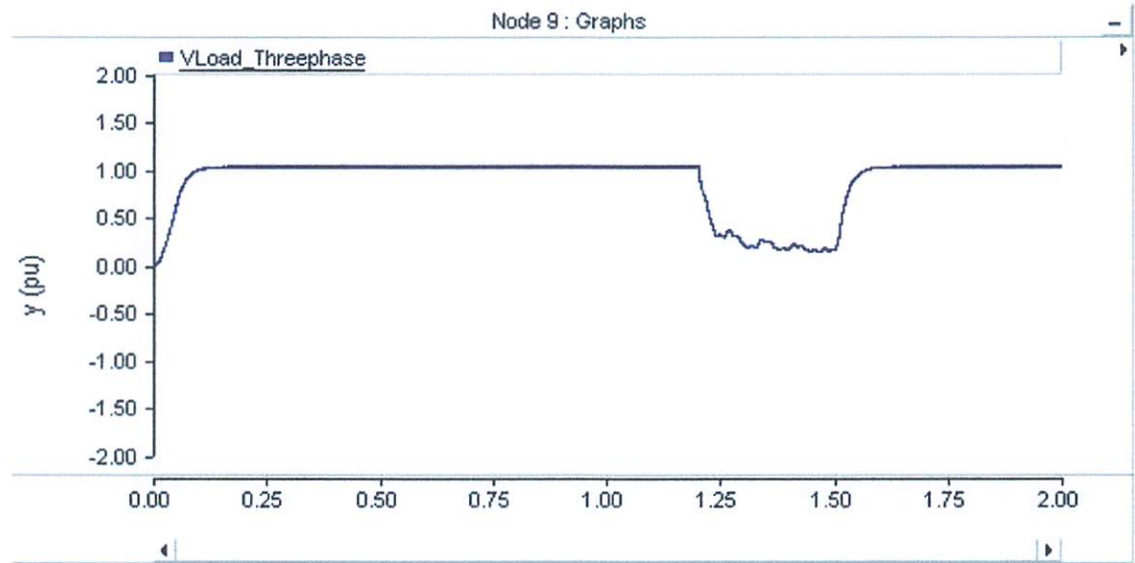
TRAFO 7



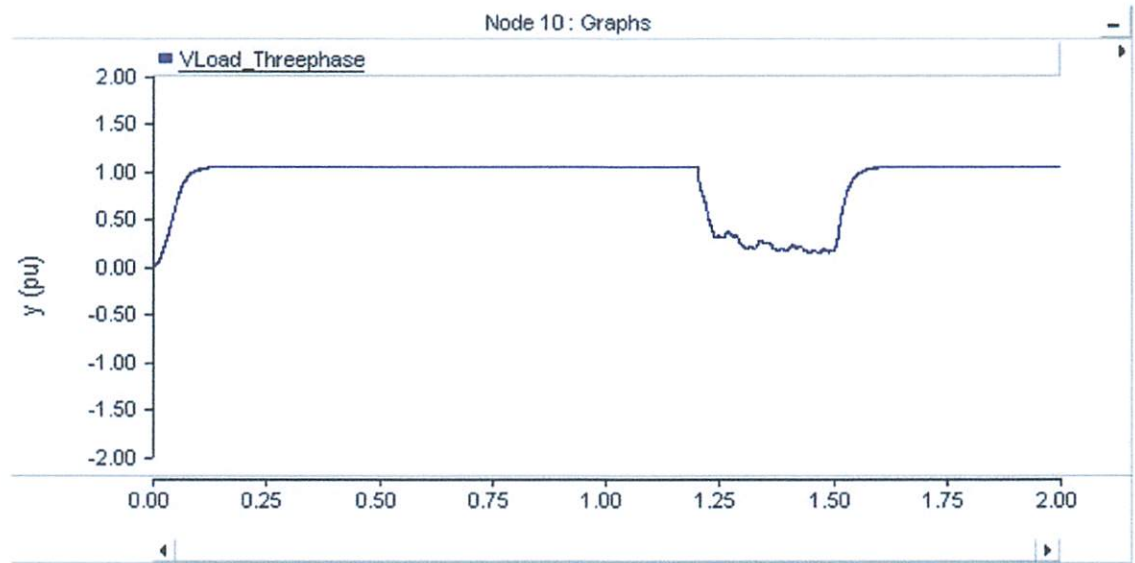
TRAFO 8



TRAFO 9



TRAFO 10

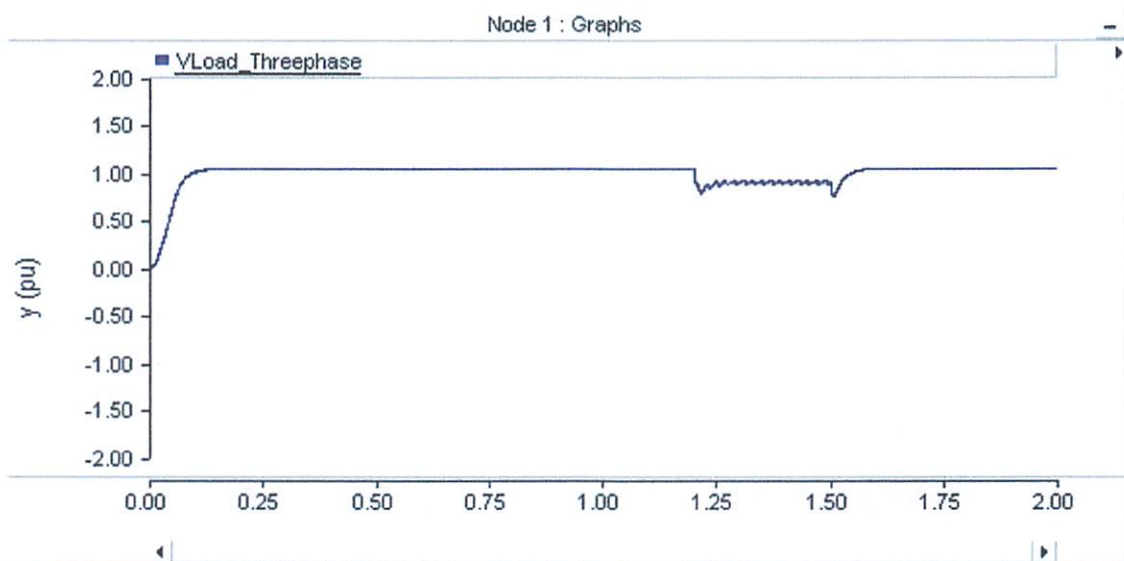




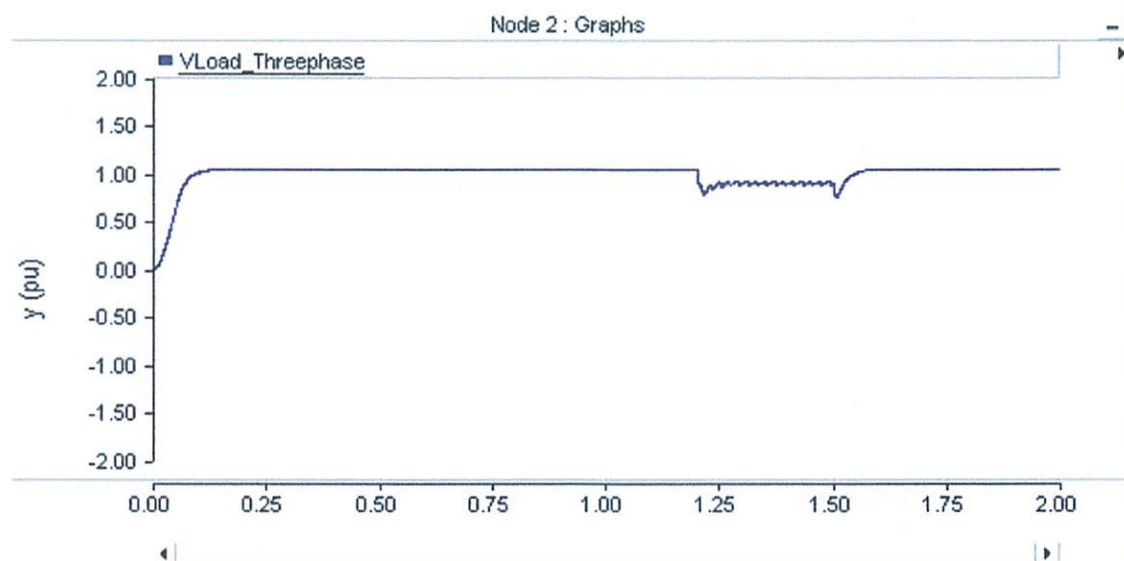
## LAMPIRAN A1

### GRAFIK TEGANGAN SETELAH KOMPENSASI

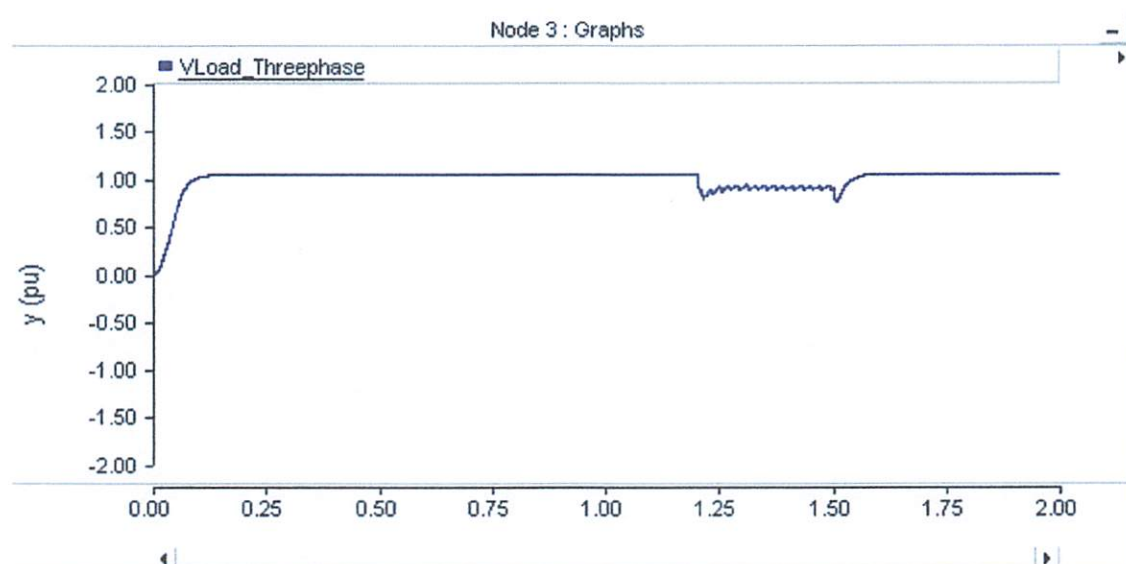
TRAFO 1



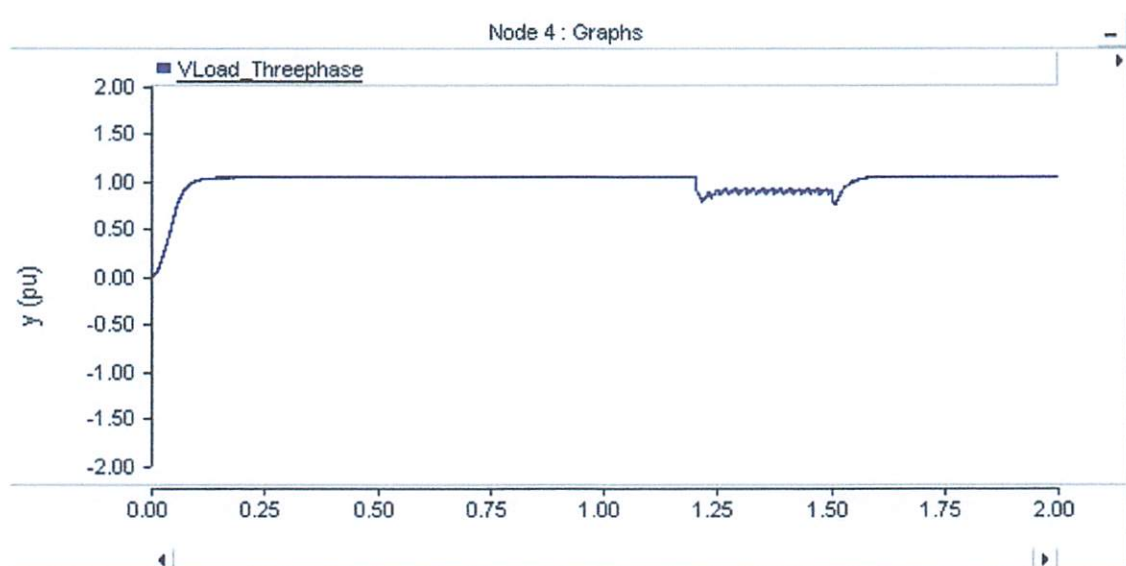
TRAFO 2



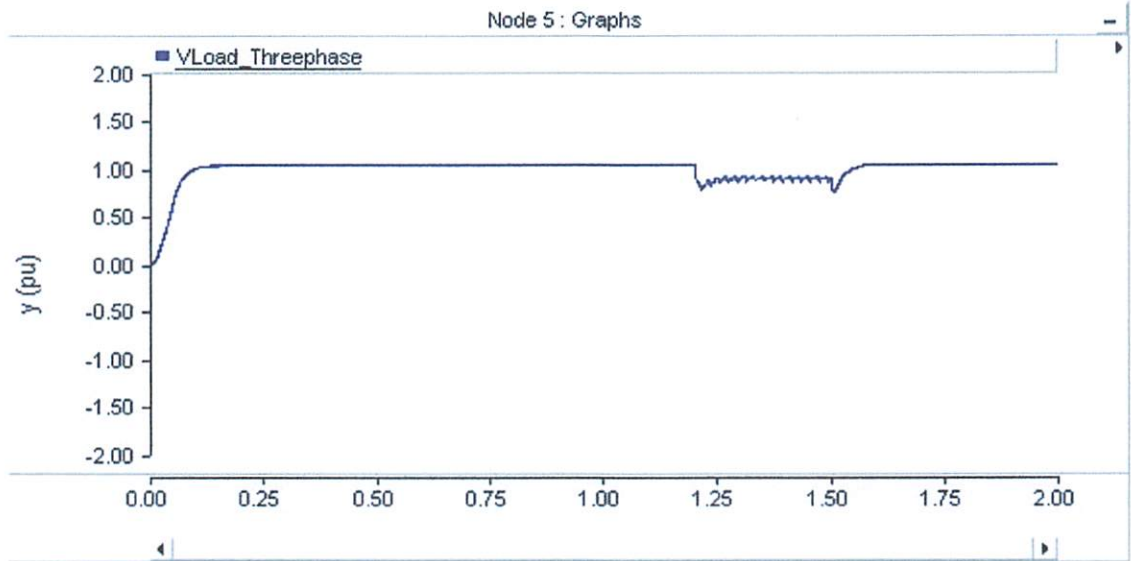
### TRAFO 3



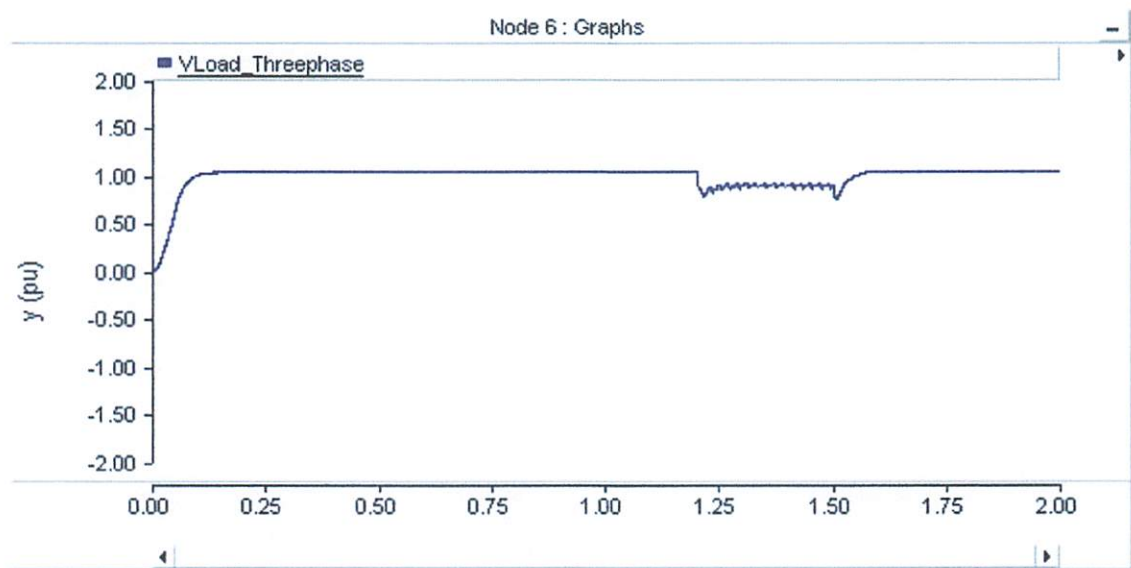
### TRAFO 4



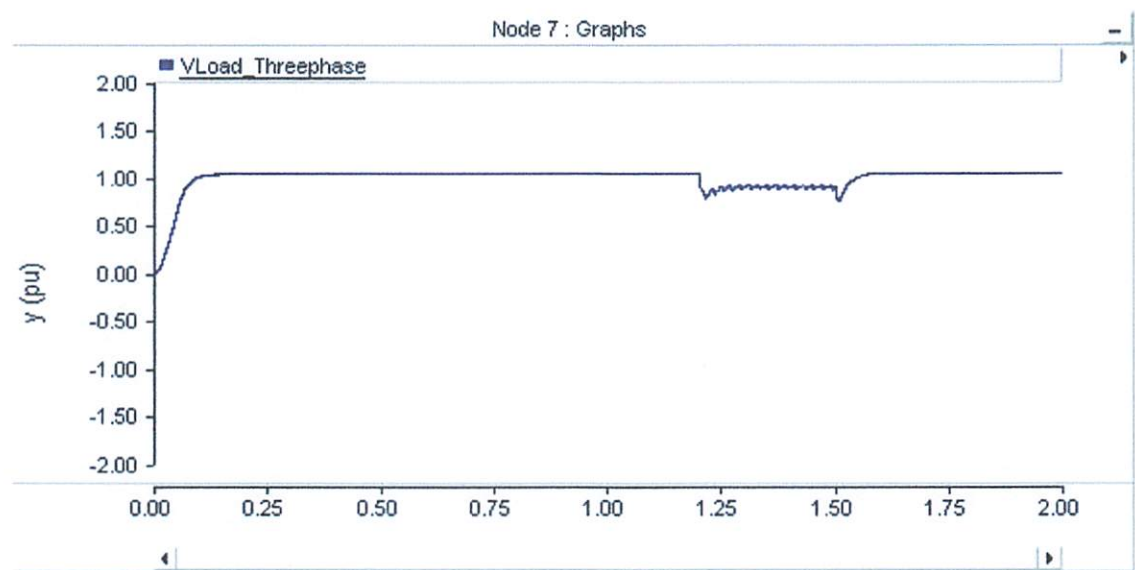
TRAFO 5



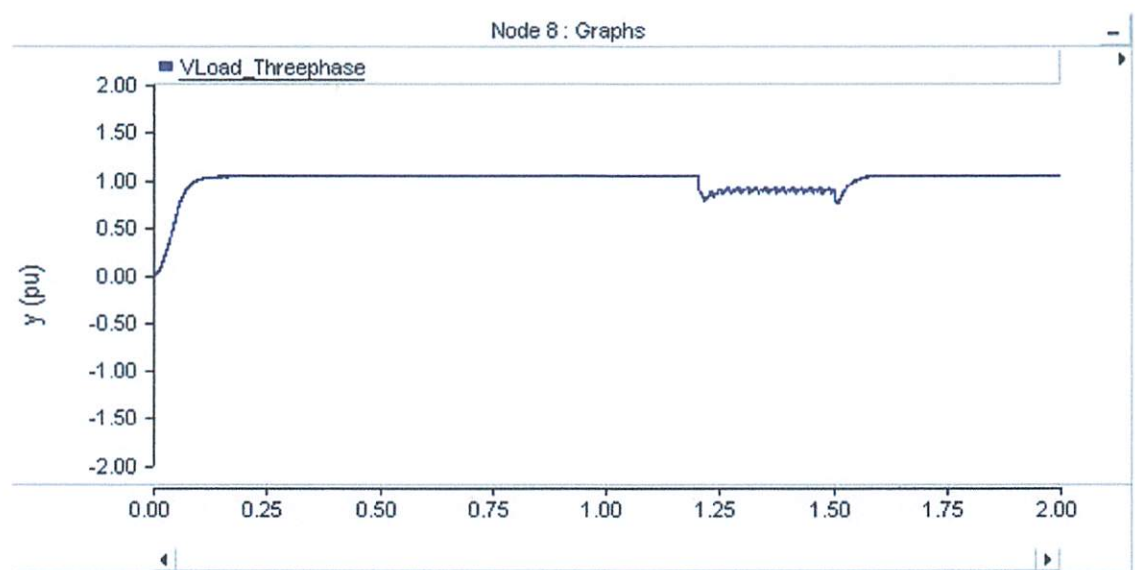
TRAFO 6



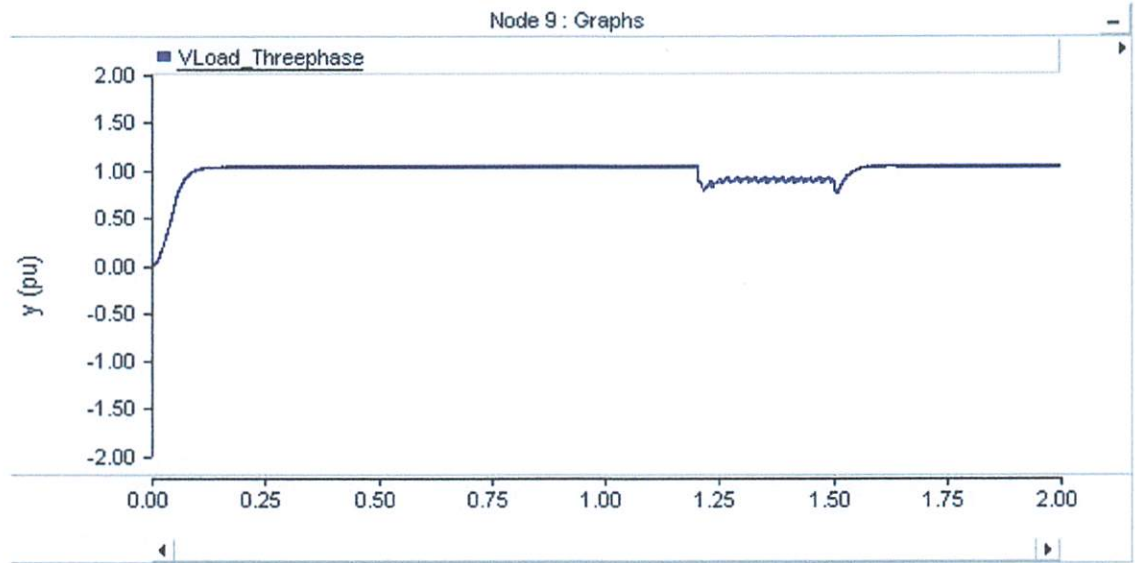
TRAFO 7



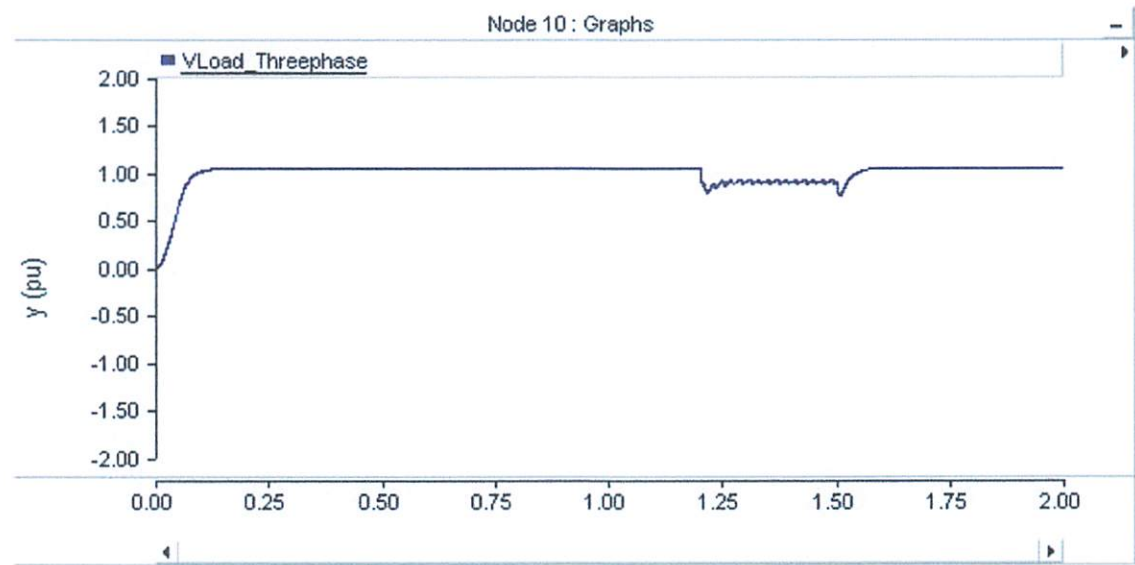
TRAFO 8



TRAFO 9



TRAFO 10



# DATA LISTING PROGRAM PSCAD SEBELUM KOMPENSASI

```
!=====
! Generated by   : PSCAD v4.2.0
!
! Warning:  The content of this file is automatically generated.
!           Do not modify, as any changes made here will be lost!
!=====
```

```
!-----
! Local Node Voltages
!-----
```

VOLTAGES:

1	0.0	// NT_1
2	0.0	// NT_2
3	0.0	// NT_3
4	0.0	// NT_4
5	0.0	// NT_5
6	0.0	// NT_6
7	0.0	// NT_7
8	0.0	// NT_8
9	0.0	// NT_9
10	0.0	// NT_10
11	0.0	// NT_11
12	0.0	// NT_12
13	0.0	// NT_13
14	0.0	// NT_14
15	0.0	// NT_15
16	0.0	// NT_16
17	0.0	// NT_17
18	0.0	// NT_18
19	0.0	// NT_19
20	0.0	// NT_20
21	0.0	// NT_21
22	0.0	// NT_22
23	0.0	// NT_23
24	0.0	// NT_24
25	0.0	// NT_25
26	0.0	// NT_26
27	0.0	// NT_27
28	0.0	// NT_28
29	0.0	// NT_29
30	0.0	// NT_30
31	0.0	// NT_31
32	0.0	// NT_32
33	0.0	// NT_33
34	0.0	// NT_34
35	0.0	// NT_35
36	0.0	// NT_36
37	0.0	// NT_37
38	0.0	// NT_38
39	0.0	// NT_39
40	0.0	// NT_40
41	0.0	// NT_41
42	0.0	// NT_42
43	0.0	// NT_43
44	0.0	// NT_44
45	0.0	// NT_45
46	0.0	// NT_46
47	0.0	// NT_47
48	0.0	// NT_48
49	0.0	// NT_49
50	0.0	// NT_50
51	0.0	// NT_51
52	0.0	// NT_52
53	0.0	// NT_53
54	0.0	// NT_54
55	0.0	// NT_55
56	0.0	// NT_56
57	0.0	// NT_57
58	0.0	// NT_58

```
59      0.0 // NT_59
60      0.0 // NT_60
61      0.0 // NT_61
62      0.0 // NT_62
63      0.0 // NT_63
64      0.0 // NT_64
65      0.0 // NT_65
66      0.0 // NT_66
67      0.0 // NT_67
68      0.0 // NT_68
69      0.0 // NT_69
70      0.0 // NT_70
71      0.0 // NT_71
72      0.0 // NT_72
73      0.0 // NT_73
74      0.0 // NT_74
75      0.0 // NT_75
76      0.0 // NT_76
77      0.0 // NT_77
78      0.0 // NT_78
79      0.0 // NT_82
80      0.0 // NT_83
81      0.0 // NT_84
82      0.0 // NT_85
83      0.0 // NT_86
84      0.0 // NT_87
85      0.0 // NT_88
86      0.0 // NT_89
87      0.0 // NT_90
88      0.0 // NT_91
89      0.0 // NT_95
90      0.0 // NT_96
91      0.0 // NT_97
92      0.0 // NT_98
93      0.0 // NT_99
94      0.0 // NT_100
95      0.0 // NT_101
96      0.0 // NT_102
97      0.0 // NT_103
98      0.0 // NT_104
99      0.0 // NT_105
100     0.0 // NT_106
101     0.0 // NT_107
102     0.0 // NT_108
```

```
!-----
! Local Branch Data
!-----
```

```
BRANCHES:
  0  89      LE      0.1      // 1      GND      NT_95
  0  90      LE      0.1      // 1      GND      NT_96
  0  91      LE      0.1      // 1      GND      NT_97
  5  88      RS      1000000.0 // 1      NT_5      NT_91
  4  87      RS      1000000.0 // 1      NT_4      NT_90
  3  86      RS      1000000.0 // 1      NT_3      NT_89
82  95      RS      1000000.0 // 1      NT_85      NT_101
82  13      RS      1000000.0 // 1      NT_85      NT_13
82  13      RC      5000.0      0.05 // 1      NT_85      NT_13
13  82      RS      1000000.0 // 1      NT_13      NT_85
82  1      RS      1000000.0 // 1      NT_85      NT_1
82  1      RC      5000.0      0.05 // 1      NT_85      NT_1
  1  82      RS      1000000.0 // 1      NT_1      NT_85
12  0      RS      1000000.0 // 1      NT_12      GND
12  0      RC      5000.0      0.05 // 1      NT_12      GND
  0  12      RS      1000000.0 // 1      GND      NT_12
13  0      RS      1000000.0 // 1      NT_13      GND
13  0      RC      5000.0      0.05 // 1      NT_13      GND
  0  13      RS      1000000.0 // 1      GND      NT_13
  1  0      RS      1000000.0 // 1      NT_1      GND
  1  0      RC      5000.0      0.05 // 1      NT_1      GND
```

0	1	RS	1000000.0	0.05	// 1	GND	NT_1
82	12	RS	1000000.0		// 1	NT_85	NT_12
82	12	RC	5000.0		// 1	NT_85	NT_12
12	82	RS	1000000.0		// 1	NT_12	NT_85
12	2	RS	1000000.0		// 1	NT_12	NT_2
13	102	RS	1000000.0		// 1	NT_13	NT_108
1	101	RS	1000000.0		// 1	NT_1	NT_107
37	0	RS	1.0		// 1	NT_37	GND
38	0	RS	1.0		// 1	NT_38	GND
39	0	RS	1.0		// 1	NT_39	GND
8	97	A			// 1	NT_8	NT_103
6	96	A			// 1	NT_6	NT_102
7	98	A			// 1	NT_7	NT_104
19	16	A			// 1	NT_19	NT_16
20	17	A			// 1	NT_20	NT_17
21	18	A			// 1	NT_21	NT_18
25	22	A			// 1	NT_25	NT_22
26	23	A			// 1	NT_26	NT_23
27	24	A			// 1	NT_27	NT_24
31	28	A			// 1	NT_31	NT_28
32	29	A			// 1	NT_32	NT_29
33	30	A			// 1	NT_33	NT_30
40	37	A			// 1	NT_40	NT_37
41	38	A			// 1	NT_41	NT_38
42	39	A			// 1	NT_42	NT_39
46	43	A			// 1	NT_46	NT_43
47	44	A			// 1	NT_47	NT_44
48	45	A			// 1	NT_48	NT_45
52	49	A			// 1	NT_52	NT_49
53	50	A			// 1	NT_53	NT_50
54	51	A			// 1	NT_54	NT_51
58	55	A			// 1	NT_58	NT_55
59	56	A			// 1	NT_59	NT_56
60	57	A			// 1	NT_60	NT_57
64	61	A			// 1	NT_64	NT_61
65	62	A			// 1	NT_65	NT_62
66	63	A			// 1	NT_66	NT_63
67	76	RS	1000000.0		// 1	NT_67	NT_76
68	77	RS	1000000.0		// 1	NT_68	NT_77
69	78	RS	1000000.0		// 1	NT_69	NT_78
73	70	A			// 1	NT_73	NT_70
74	71	A			// 1	NT_74	NT_71
75	72	A			// 1	NT_75	NT_72
97	14	RS	1000000.0		// 1	NT_103	NT_14
96	15	RS	1000000.0		// 1	NT_102	NT_15
98	99	RS	1000000.0		// 1	NT_104	NT_105
14	67	RS	1000000.0		// 1	NT_14	NT_67
15	68	RS	1000000.0		// 1	NT_15	NT_68
100	69	RS	1000000.0		// 1	NT_106	NT_69
0	95	RS	1.0		// 1	GND	NT_69
3	8	RS	1000000.0		// 1	NT_3	NT_101
4	6	RS	1000000.0		// 1	NT_4	NT_6
5	7	RS	1000000.0		// 1	NT_5	NT_7
44	0	RS	1.0		// 1	NT_44	GND
45	0	RS	1.0		// 1	NT_45	GND
43	0	RS	1.0		// 1	NT_43	GND
61	0	RS	1.0		// 1	NT_61	GND
83	34	A			// 1	NT_86	NT_34
84	35	A			// 1	NT_87	NT_35
85	36	A			// 1	NT_88	NT_36
62	0	RS	1.0		// 1	NT_62	GND
16	0	RS	1.0		// 1	NT_16	GND
63	0	RS	1.0		// 1	NT_63	GND
17	0	RS	1.0		// 1	NT_17	GND
71	0	RS	1.0		// 1	NT_71	GND
18	0	RS	1.0		// 1	NT_18	GND
72	0	RS	1.0		// 1	NT_72	GND
22	0	RS	1.0		// 1	NT_22	GND
70	0	RS	1.0		// 1	NT_70	GND
23	0	RS	1.0		// 1	NT_23	GND
57	0	RS	1.0		// 1	NT_57	GND



24	0	RS	1.0		// 1	NT_24	GND
56	0	RS	1.0		// 1	NT_56	GND
28	0	RS	1.0		// 1	NT_28	GND
55	0	RS	1.0		// 1	NT_55	GND
29	0	RS	1.0		// 1	NT_29	GND
36	0	RS	1.0		// 1	NT_36	GND
30	0	RS	1.0		// 1	NT_30	GND
35	0	RS	1.0		// 1	NT_35	GND
49	0	RS	1.0		// 1	NT_49	GND
34	0	RS	1.0		// 1	NT_34	GND
51	0	RS	1.0		// 1	NT_51	GND
50	0	RS	1.0		// 1	NT_50	GND
50	0	R	112.044817927		// 1	NT_50	GND
34	0	R	189.753320683		// 1	NT_34	GND
51	0	R	112.044817927		// 1	NT_51	GND
35	0	R	189.753320683		// 1	NT_35	GND
49	0	R	112.044817927		// 1	NT_49	GND
36	0	R	189.753320683		// 1	NT_36	GND
30	0	R	317.965023847		// 1	NT_30	GND
55	0	R	273.597811218		// 1	NT_55	GND
29	0	R	317.965023847		// 1	NT_29	GND
56	0	R	273.597811218		// 1	NT_56	GND
28	0	R	317.965023847		// 1	NT_28	GND
57	0	R	273.597811218		// 1	NT_57	GND
24	0	R	166.875260743		// 1	NT_24	GND
70	0	R	1023.01790281		// 1	NT_70	GND
23	0	R	166.875260743		// 1	NT_23	GND
72	0	R	1023.01790281		// 1	NT_72	GND
22	0	R	166.875260743		// 1	NT_22	GND
71	0	R	1023.01790281		// 1	NT_71	GND
18	0	R	126.502213789		// 1	NT_18	GND
63	0	R	258.564964447		// 1	NT_63	GND
17	0	R	126.502213789		// 1	NT_17	GND
62	0	R	258.564964447		// 1	NT_62	GND
16	0	R	126.502213789		// 1	NT_16	GND
61	0	R	258.564964447		// 1	NT_61	GND
82	0	C		1000.0	// 1	NT_85	GND
43	0	R	134.453781513		// 1	NT_43	GND
5	81	RL	0.001	0.005	// 1	NT_5	NT_84
45	0	R	134.453781513		// 1	NT_45	GND
4	80	RL	0.001	0.005	// 1	NT_4	NT_83
44	0	R	134.453781513		// 1	NT_44	GND
3	79	RL	0.001	0.005	// 1	NT_3	NT_82
39	0	R	336.134453782		// 1	NT_39	GND
5	7	C		100.0	// 1	NT_5	NT_7
38	0	R	336.134453782		// 1	NT_38	GND
4	6	C		100.0	// 1	NT_4	NT_6
37	0	R	336.134453782		// 1	NT_37	GND
3	8	C		100.0	// 1	NT_3	NT_8
91	11	R	0.1		// 1	NT_97	NT_11
90	10	R	0.1		// 1	NT_96	NT_10
89	9	R	0.1		// 1	NT_95	NT_9
86	0	RL	10.0	0.05	// 1	NT_89	GND
87	0	RL	10.0	0.05	// 1	NT_90	GND
88	0	RL	10.0	0.05	// 1	NT_91	GND

!-----  
! Local Transformer Data  
!-----

# TRANSFORMERS:

! 3 Phase, 3 Winding Transformer:

!\* Name: T1 Tmva: 100.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 70.0 kV, V2: 150.0 kV, V3: 150.0 kV

!\* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Imag3: 0.01 p.u., X1: 0.1, 0.1, 0.1 (p.u.)

!\* Sat: 0 ,

3 / Number of windings...

9 0 0.0 15.597184423 /

94 93 0.0 57.8605892523 0.0 214.859173174 /

79 0 0.0 33.4058267803 0.0 123.986976969 0.0 71.6197243914 /

888 /

```

10 0 /
93 92 /
80 0 /
888 /
11 0 /
92 94 /
81 0 /
!
!   Single Phase Transformer:   100.0 MVA, 150.0 kV : 20.0 kV
2 / Number of windings...
8 3      0.0 71.6197243914 /
102 101      0.0 9.54452193722      0.0 1.27323954474 /
!
!   Single Phase Transformer:   100.0 MVA, 150.0 kV : 20.0 kV
2 / Number of windings...
6 4      0.0 71.6197243914 /
2 102      0.0 9.54452193722      0.0 1.27323954474 /
!
!   Single Phase Transformer:   100.0 MVA, 150.0 kV : 20.0 kV
2 / Number of windings...
7 5      0.0 71.6197243914 /
101 2      0.0 9.54452193722      0.0 1.27323954474 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 18   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 119.366207319 /
52 53      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
68 0 /
53 54 /
888 /
69 0 /
54 52 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 76   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 119.366207319 /
83 84      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
68 0 /
84 85 /
888 /
69 0 /
85 83 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 47   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
14 0      0.0 119.366207319 /
31 32      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
15 0 /
32 33 /
888 /
99 0 /
33 31 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 52   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
97 0      0.0 119.366207319 /

```

```

25 26      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
96 0 /
26 27 /
888 /
98 0 /
27 25 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 09 Tmva: 60.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 119.366207319 /
58 59      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
68 0 /
59 60 /
888 /
69 0 /
60 58 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 09 Tmva: 60.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
76 0      0.0 119.366207319 /
73 74      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
77 0 /
74 75 /
888 /
78 0 /
75 73 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 83 Tmva: 60.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
97 0      0.0 119.366207319 /
19 20      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
96 0 /
20 21 /
888 /
98 0 /
21 19 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 07 Tmva: 30.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 238.732414638 /
46 47      0.0 55.1053230974      0.0 12.7323954474 /
888 /
68 0 /
47 48 /
888 /
69 0 /
48 46 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 78 Tmva: 30.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Xl: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
14 0      0.0 238.732414638 /
40 41      0.0 55.1053230974      0.0 12.7323954474 /

```

```
888 /
15 0 /
41 42 /
888 /
99 0 /
42 40 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 09 Tmva: 30.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0 0.0 238.732414638 /
64 65 0.0 55.1053230974 0.0 12.7323954474 /
888 /
68 0 /
65 66 /
888 /
69 0 /
66 64 /
!
```

DATADSD:

DATADSO:

ENDPAGE

DATA LISTING PROGRAM PSCAD SETELAH KOMPENSASI

```
!=====
! Generated by   : PSCAD v4.2.0
!
! Warning:  The content of this file is automatically generated.
!           Do not modify, as any changes made here will be lost!
!=====
```

```
!-----
! Local Node Voltages
!-----
```

VOLTAGES:		
1	0.0	// NT_1
2	0.0	// NT_2
3	0.0	// NT_3
4	0.0	// NT_4
5	0.0	// NT_5
6	0.0	// NT_6
7	0.0	// NT_7
8	0.0	// NT_8
9	0.0	// NT_9
10	0.0	// NT_10
11	0.0	// NT_11
12	0.0	// NT_12
13	0.0	// NT_13
14	0.0	// NT_14
15	0.0	// NT_15
16	0.0	// NT_16
17	0.0	// NT_17
18	0.0	// NT_18
19	0.0	// NT_19
20	0.0	// NT_20
21	0.0	// NT_21
22	0.0	// NT_22
23	0.0	// NT_23
24	0.0	// NT_24
25	0.0	// NT_25
26	0.0	// NT_26
27	0.0	// NT_27
28	0.0	// NT_28
29	0.0	// NT_29
30	0.0	// NT_30
31	0.0	// NT_31
32	0.0	// NT_32
33	0.0	// NT_33
34	0.0	// NT_34
35	0.0	// NT_35
36	0.0	// NT_36
37	0.0	// NT_37
38	0.0	// NT_38
39	0.0	// NT_39
40	0.0	// NT_40
41	0.0	// NT_41
42	0.0	// NT_42
43	0.0	// NT_43
44	0.0	// NT_44
45	0.0	// NT_45
46	0.0	// NT_46
47	0.0	// NT_47
48	0.0	// NT_48
49	0.0	// NT_49
50	0.0	// NT_50
51	0.0	// NT_51
52	0.0	// NT_52
53	0.0	// NT_53
54	0.0	// NT_54
55	0.0	// NT_55
56	0.0	// NT_56
57	0.0	// NT_57
58	0.0	// NT_58



0	1	RS	1000000.0		// 1	GND	NT_1
82	12	RS	1000000.0		// 1	NT_85	NT_12
82	12	RC	5000.0	0.05	// 1	NT_85	NT_12
12	82	RS	1000000.0		// 1	NT_12	NT_85
12	2	RS	1000000.0		// 1	NT_12	NT_2
13	102	RS	1000000.0		// 1	NT_13	NT_108
1	101	RS	1000000.0		// 1	NT_1	NT_107
37	0	RS	1.0		// 1	NT_37	GND
38	0	RS	1.0		// 1	NT_38	GND
39	0	RS	1.0		// 1	NT_39	GND
8	97	A			// 1	NT_8	NT_103
6	96	A			// 1	NT_6	NT_102
7	98	A			// 1	NT_7	NT_104
19	16	A			// 1	NT_19	NT_16
20	17	A			// 1	NT_20	NT_17
21	18	A			// 1	NT_21	NT_18
25	22	A			// 1	NT_25	NT_22
26	23	A			// 1	NT_26	NT_23
27	24	A			// 1	NT_27	NT_24
31	28	A			// 1	NT_31	NT_28
32	29	A			// 1	NT_32	NT_29
33	30	A			// 1	NT_33	NT_30
40	37	A			// 1	NT_40	NT_37
41	38	A			// 1	NT_41	NT_38
42	39	A			// 1	NT_42	NT_39
46	43	A			// 1	NT_46	NT_43
47	44	A			// 1	NT_47	NT_44
48	45	A			// 1	NT_48	NT_45
52	49	A			// 1	NT_52	NT_49
53	50	A			// 1	NT_53	NT_50
54	51	A			// 1	NT_54	NT_51
58	55	A			// 1	NT_58	NT_55
59	56	A			// 1	NT_59	NT_56
60	57	A			// 1	NT_60	NT_57
64	61	A			// 1	NT_64	NT_61
65	62	A			// 1	NT_65	NT_62
66	63	A			// 1	NT_66	NT_63
67	76	RS	1000000.0		// 1	NT_67	NT_76
68	77	RS	1000000.0		// 1	NT_68	NT_77
69	78	RS	1000000.0		// 1	NT_69	NT_78
73	70	A			// 1	NT_73	NT_70
74	71	A			// 1	NT_74	NT_71
75	72	A			// 1	NT_75	NT_72
97	14	RS	1000000.0		// 1	NT_103	NT_14
96	15	RS	1000000.0		// 1	NT_102	NT_15
98	99	RS	1000000.0		// 1	NT_104	NT_105
14	67	RS	1000000.0		// 1	NT_14	NT_67
15	68	RS	1000000.0		// 1	NT_15	NT_68
100	69	RS	1000000.0		// 1	NT_106	NT_69
0	95	RS	1.0		// 1	GND	NT_101
3	8	RS	1000000.0		// 1	NT_3	NT_8
4	6	RS	1000000.0		// 1	NT_4	NT_6
5	7	RS	1000000.0		// 1	NT_5	NT_7
44	0	RS	1.0		// 1	NT_44	GND
45	0	RS	1.0		// 1	NT_45	GND
43	0	RS	1.0		// 1	NT_43	GND
61	0	RS	1.0		// 1	NT_61	GND
83	34	A			// 1	NT_86	NT_34
84	35	A			// 1	NT_87	NT_35
85	36	A			// 1	NT_88	NT_36
62	0	RS	1.0		// 1	NT_62	GND
16	0	RS	1.0		// 1	NT_16	GND
63	0	RS	1.0		// 1	NT_63	GND
17	0	RS	1.0		// 1	NT_17	GND
71	0	RS	1.0		// 1	NT_71	GND
18	0	RS	1.0		// 1	NT_18	GND
72	0	RS	1.0		// 1	NT_72	GND
22	0	RS	1.0		// 1	NT_22	GND
70	0	RS	1.0		// 1	NT_70	GND
23	0	RS	1.0		// 1	NT_23	GND
57	0	RS	1.0		// 1	NT_57	GND



24	0	RS	1.0		// 1	NT_24	GND
56	0	RS	1.0		// 1	NT_56	GND
28	0	RS	1.0		// 1	NT_28	GND
55	0	RS	1.0		// 1	NT_55	GND
29	0	RS	1.0		// 1	NT_29	GND
36	0	RS	1.0		// 1	NT_36	GND
30	0	RS	1.0		// 1	NT_30	GND
35	0	RS	1.0		// 1	NT_35	GND
49	0	RS	1.0		// 1	NT_49	GND
34	0	RS	1.0		// 1	NT_34	GND
51	0	RS	1.0		// 1	NT_51	GND
50	0	RS	1.0		// 1	NT_50	GND
50	0	R	112.044817927		// 1	NT_50	GND
34	0	R	189.753320683		// 1	NT_34	GND
51	0	R	112.044817927		// 1	NT_51	GND
35	0	R	189.753320683		// 1	NT_35	GND
49	0	R	112.044817927		// 1	NT_49	GND
36	0	R	189.753320683		// 1	NT_36	GND
30	0	R	317.965023847		// 1	NT_30	GND
55	0	R	273.597811218		// 1	NT_55	GND
29	0	R	317.965023847		// 1	NT_29	GND
56	0	R	273.597811218		// 1	NT_56	GND
28	0	R	317.965023847		// 1	NT_28	GND
57	0	R	273.597811218		// 1	NT_57	GND
24	0	R	166.875260743		// 1	NT_24	GND
70	0	R	1023.01790281		// 1	NT_70	GND
23	0	R	166.875260743		// 1	NT_23	GND
72	0	R	1023.01790281		// 1	NT_72	GND
22	0	R	166.875260743		// 1	NT_22	GND
71	0	R	1023.01790281		// 1	NT_71	GND
18	0	R	126.502213789		// 1	NT_18	GND
63	0	R	258.564964447		// 1	NT_63	GND
17	0	R	126.502213789		// 1	NT_17	GND
62	0	R	258.564964447		// 1	NT_62	GND
16	0	R	126.502213789		// 1	NT_16	GND
61	0	R	258.564964447		// 1	NT_61	GND
82	0	C		1000.0	// 1	NT_85	GND
43	0	R	134.453781513		// 1	NT_43	GND
5	81	RL	0.001	0.005	// 1	NT_5	NT_84
45	0	R	134.453781513		// 1	NT_45	GND
4	80	RL	0.001	0.005	// 1	NT_4	NT_83
44	0	R	134.453781513		// 1	NT_44	GND
3	79	RL	0.001	0.005	// 1	NT_3	NT_82
39	0	R	336.134453782		// 1	NT_39	GND
5	7	C		100.0	// 1	NT_5	NT_7
38	0	R	336.134453782		// 1	NT_38	GND
4	6	C		100.0	// 1	NT_4	NT_6
37	0	R	336.134453782		// 1	NT_37	GND
3	8	C		100.0	// 1	NT_3	NT_8
91	11	R	0.1		// 1	NT_97	NT_11
90	10	R	0.1		// 1	NT_96	NT_10
89	9	R	0.1		// 1	NT_95	NT_9
86	0	RL	10.0	0.05	// 1	NT_89	GND
87	0	RL	10.0	0.05	// 1	NT_90	GND
88	0	RL	10.0	0.05	// 1	NT_91	GND

!-----  
! Local Transformer Data  
!-----

# TRANSFORMERS:

! 3 Phase, 3 Winding Transformer:

!\* Name: T1 Tmva: 100.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 70.0 kV, V2: 150.0 kV, V3: 150.0 kV

!\* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., Imag3: 0.01 p.u., Xl: 0.1, 0.1, 0.1 (p.u.)

!\* Sat: 0 ,

3 / Number of windings...

9 0 0.0 15.597184423 /

94 93 0.0 57.8605892523 0.0 214.859173174 /

79 0 0.0 33.4058267803 0.0 123.986976969 0.0 71.6197243914 /

888 /



```

10 0 /
93 92 /
80 0 /
888 /
11 0 /
92 94 /
81 0 /
!
!   Single Phase Transformer:   100.0 MVA, 150.0 kV : 20.0 kV
2 / Number of windings...
8 3      0.0 71.6197243914 /
102 101   0.0 9.54452193722   0.0 1.27323954474 /
!
!   Single Phase Transformer:   100.0 MVA, 150.0 kV : 20.0 kV
2 / Number of windings...
6 4      0.0 71.6197243914 /
2 102     0.0 9.54452193722   0.0 1.27323954474 /
!
!   Single Phase Transformer:   100.0 MVA, 150.0 kV : 20.0 kV
2 / Number of windings...
7 5      0.0 71.6197243914 /
101 2     0.0 9.54452193722   0.0 1.27323954474 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 18   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 119.366207319 /
52 53     0.0 27.5526615487   0.0 6.36619772368 /
888 /
68 0 /
53 54 /
888 /
69 0 /
54 52 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 76   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 119.366207319 /
83 84     0.0 27.5526615487   0.0 6.36619772368 /
888 /
68 0 /
84 85 /
888 /
69 0 /
85 83 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 47   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
14 0      0.0 119.366207319 /
31 32     0.0 27.5526615487   0.0 6.36619772368 /
888 /
15 0 /
32 33 /
888 /
99 0 /
33 31 /
!
!   3 Phase, 2 Winding Transformer
!*   Name: KS. 52   Tmva: 60.0 MVA,   Freq: 50.0 Hz,   V1: 150.0 kV,   V2: 20.0 kV
!*   Imag1: 0.01 p.u.,   Imag2: 0.01 p.u.,   X1: 0.1 p.u.
!*   Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
97 0      0.0 119.366207319 /

```

```

25 26      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
96 0 /
26 27 /
888 /
98 0 /
27 25 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 09 Tmva: 60.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 119.366207319 /
58 59      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
68 0 /
59 60 /
888 /
69 0 /
60 58 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 09 Tmva: 60.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
76 0      0.0 119.366207319 /
73 74      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
77 0 /
74 75 /
888 /
78 0 /
75 73 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 83 Tmva: 60.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
97 0      0.0 119.366207319 /
19 20      0.0 27.5526615487      0.0 6.36619772368 /
888 /
96 0 /
20 21 /
888 /
98 0 /
21 19 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 07 Tmva: 30.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0      0.0 238.732414638 /
46 47      0.0 55.1053230974      0.0 12.7323954474 /
888 /
68 0 /
47 48 /
888 /
69 0 /
48 46 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 78 Tmva: 30.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
14 0      0.0 238.732414638 /
40 41      0.0 55.1053230974      0.0 12.7323954474 /

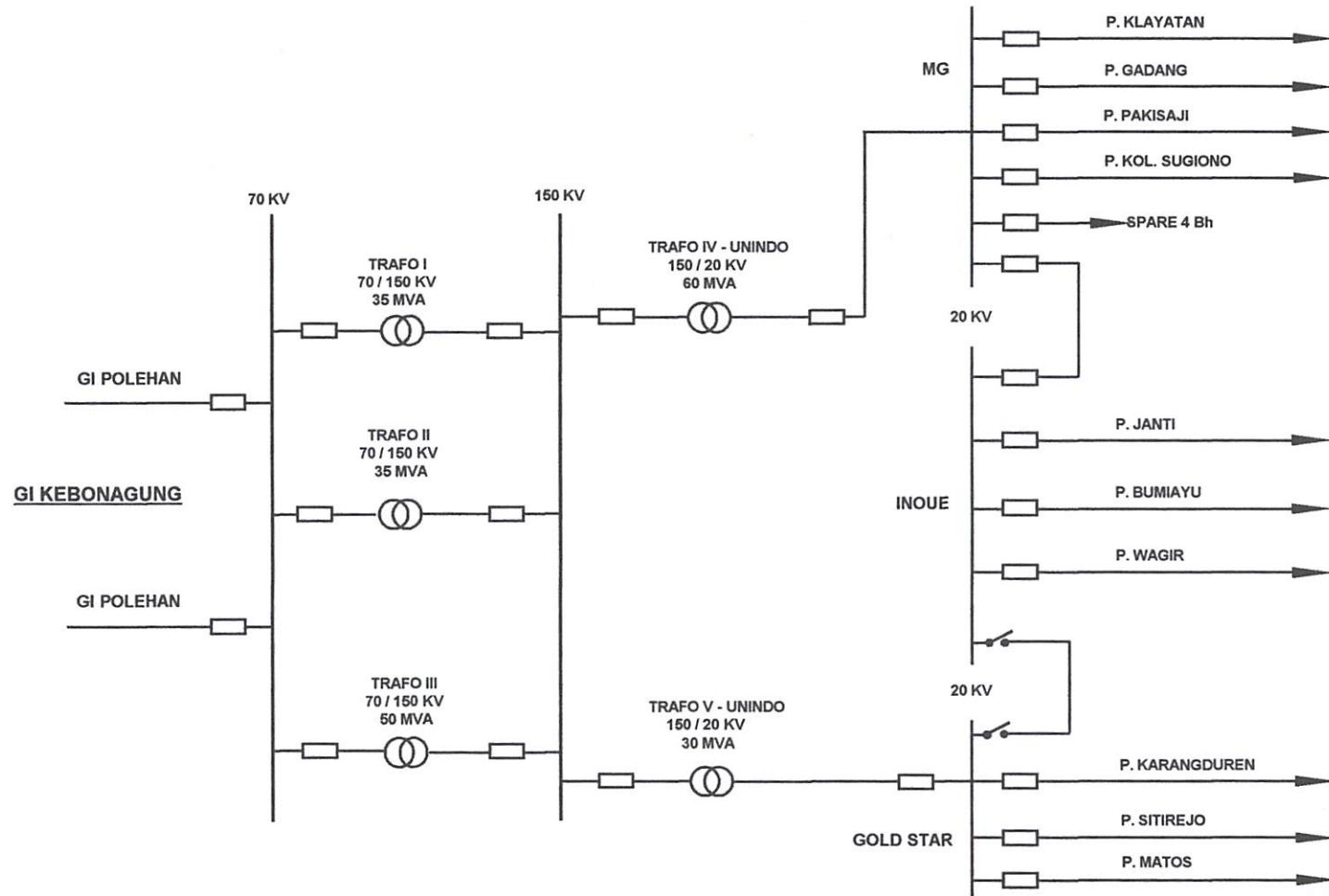
```




```
888 /
15 0 /
41 42 /
888 /
99 0 /
42 40 /
!
! 3 Phase, 2 Winding Transformer
!* Name: KS. 09 Tmva: 30.0 MVA, Freq: 50.0 Hz, V1: 150.0 kV, V2: 20.0 kV
!* Imag1: 0.01 p.u., Imag2: 0.01 p.u., X1: 0.1 p.u.
!* Sat: 0 ,
2 / Number of windings...
67 0 0.0 238.732414638 /
64 65 0.0 55.1053230974 0.0 12.7323954474 /
888 /
68 0 /
65 66 /
888 /
69 0 /
66 64 /
!
```

DATADSD:

DATADSO:

ENDPAGE



 : TRANSFORMATOR  
 : PEMUTUS  
 : PENYULANG



PT. PLN (PERSERO)  
DISTRIBUSI JATIM  
AP&J MALANG

SINGLE LINE DIAGRAM  
GARDU INDUK KEBONAGUNG

DIGAMBAR	DIPERIKSA	DISETUJUI
OPDIST	ARLIANTO, MA	SUHARSONO



BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
I.	GI. KEBON AGUNG							
	Trafo IV / 60 MVA UNINDO	150 / 20 KV	1732	2000	545	844	31.5	48.7
1	P. KLAYATAN	20	436	320	117	186	26.8	42.7
2	P. GADANG	20	436	320	120	141	27.5	32.3
3	P. PAKISAJI	20	304	320	48	74	15.8	24.3
4	P. WAGIR	20	436	320	28	23	6.4	5.3
5	P. JANTI	20	436	320	81	124	18.6	28.4
6	P. BUMIAYU	20	436	400	50	86	11.5	19.7
7	P. KOL. SUGIONO	20	436	320	101	210	23.2	48.2
	Trafo V / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1,000	143	336	16.5	38.8
8	P. MATOS	20	436	320	18	70	4.1	16.1
9	P. KARANG DUREN	20	436	320	42	91	9.6	20.9
10	P. SITIREJO	20	385	320	83	175	21.6	45.5
11	P. MOG	20	304	320	12	72	3.9	23.7
	SUB JUMLAH I							
II.	GI. BLIMBING							
	Trafo I / 20 MVA UNINDO	70 / 20 KV	577	650	223	346	38.6	60.0
11	P. MOJOLANGU	20	304	300	117	162	38.5	53.3
12	P. SINGOSARI	20	304	300	94	162	30.9	53.3
13	P. PANDANWANGI	20	304	300	12	22	3.9	7.2
14	P. TELKOM	20	400	320	0	0	0.0	0.0
	Trafo II / 30 MVA PASTI	70 / 20 KV	866	1,000	365	536	42.1	61.9
15	P. MAWAR	20	304	300	136	200	44.7	65.8
16	P. ASAHAN	20	304	300	92	115	30.3	37.8
17	P. WENDIT	20	304	300	47	81	15.5	26.6
18	P. GLINTUNG	20	304	300	90	140	29.6	46.1
	Trafo III / 10 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	289	320	23	17	8.0	5.9
19	P. BENTOEL	20	400	300	23	17	5.8	4.3
	SUB JUMLAH II							
III.	GI. POLEHAN							
	Trafo I / 30 MVA UNINDO	70 / 20 KV	866	1000	323	503	37.3	58.1
20	P. PATIMURA	20	385	320	82	110	21.3	28.6
21	P. SAWOJAJAR	20	385	320	80	111	20.8	28.8
22	P. AGUS SALIM	20	385	320	71	90	18.4	23.4
23	P. JODIPAN	20	385	320	90	192	23.4	49.9
24	P. LOWOKWARU	20			0	0		
	Trafo II / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	650	249	355	43.2	61.5
25	P. BUNUL	20	304	300	134	193	44.1	63.5
26	P. KD. KANDANG	20	304	300	28	42	9.2	13.8
27	P. ZAENAL ZAKSE	20	304	240	87	120	28.6	39.5
	SUB JUMLAH III							
IV.	GI. GAMPINGAN							
	Trafo I / 20MVA UNINDO	70 / 20 KV			105	120		
28	P. AYUWANGI	20	-	-	105	120	0.0	0.0
	SUB JUMLAH IV							
V.	GI. PAKIS							
	Trafo I / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1000	300	578	34.6	66.7
29	P. BANJAREJO	20	300	300	39	65	13.0	21.7
30	P. ASRIKATON	20	300	320	74	160	24.7	53.3
31	P. A.R. SALEH	20	300	300	28	36	9.3	12.0
32	P. SEKARPURO	20	300	300	91	130	30.3	43.3
33	P. TUMPANG	20	300	300	68	187	22.7	62.3
	SUB JUMLAH V							
VI.	GI. SENGKALING							

# DATA BEBAN PENYULANG

BULAN : JANUARI 2010

NO	GARDU INDUK MERK TRAFO PENYULANG	TEG	I Nom (Amp)	I Set (Amp)	BEBAN		PROSENTASE I NOM	
					SIANG	MALAM	SIANG	MALAM
35	P. PUJON	20	393	300	66	127	16.8	32.3
36	P. WASTRA INDAH	20	393	300	45	79	11.5	20.1
37	P. KARANG PLOSO	20	393	300	82	142	20.9	36.1
	Trafo IV / 30 MVA TELK	150 / 20 KV	866	1,000	412	652	47.6	75.3
38	P. BATU	20	393	320	78	111	19.8	28.2
39	P. DINOYO	20	393	320	125	183	31.8	46.6
40	P. SELECTA	20	393	300	73	158	18.6	40.2
41	P. TEGALGONDO	20	393	300	136	200	34.6	50.9
	SUB JUMLAH VI							
VII.	GI. LAWANG							
	Trafo I / 30 MVA HYUNDAI	150 / 20 KV	866	1000	328	516	37.9	59.6
42	P. BEDALI	20	304	300	60	71	19.7	23.4
43	P. SUMBER WUNI	20	304	300	27	41	8.9	13.5
44	P. NONGKOJAJAR	20	304	300	33	59	10.9	19.4
45	P. POLAMAN	20	385	300	112	172	29.1	44.7
46	P. KOSTRAD	20			96	173		
	Trafo II / 30 MVA ASEA		866	1,000	199	169	23.0	19.5
47	P. PATAL	20	304	300	39	41	12.8	13.5
48	P. NEW MINATEX	20	304	300	29	29	9.5	9.5
49	P. SIDOBANGUN	20	385	300	92	81	23.9	21.0
50	P. MOLINDO	20	304	300	39	18	12.8	5.9
	SUB JUMLAH VII							
VIII.	GI. KARANG KATES							
	Trafo I / 20 MVA TAKAOKA	70 / 20 KV	577	750	135	371	23.4	64.3
51	P. KALIPARE	20	304	300	45	141	14.8	46.4
52	P. OLAK ALEN	20	304	300	24	69	7.9	22.7
53	P. SMBR PUCUNG	20	304	300	66	161	21.7	53.0
	SUB JUMLAH VIII							
IX.	GI. TUREN							
	Trafo I / 30 MVA ALSTOM	70 / 20 KV	866	1000	251	675	29.0	77.9
54	P. DAMPIT	20	304	320	48	111	15.8	36.5
55	P. BAKALAN	20	304	320	9	13	3.0	4.3
56	P. SMBR MANJING	20	304	300	74	210	24.3	69.1
57	P. BANTUR	20	436	300	19	49	4.4	11.2
58	P. PINDAD II	20	225	320	11	11	4.9	4.9
59	P. WAJAK	20	304	300	30	79	9.9	26.0
60	P. TIRTOYUDO	20	304	300	60	202	19.7	66.4
	Trafo II / 20 MVA XIAN	70 / 20 KV	577	650	111	286	19.2	49.6
61	P. BOKOR	20	436	320	27	62	6.2	14.2
62	P. GONDANG LEGI	20	304	320	84	224	27.6	73.7
63	P. PINDAD I	20	304	100	0	0	0.0	0.0
	SUB JUMLAH IX							
X.	GI. SENGGRUH							
	Trafo I / 30 MVA TELK	70 / 20 KV	866	1000	176	427	20.3	49.3
64	P. KEPANJEN	20	300	320	65	125	21.7	41.7
65	P. PAGAK	20	300	320	33	104	11.0	34.7
66	P. PROYEK	20	300	320	2	2	0.7	0.7
67	P. GUNUNG KAWI	20	300	320	44	99	14.7	33.0
68	P. REJOYOSO	20	300	320	32	97	10.7	32.3
	SUB JUMLAH X							
XI.	GI. SELOREJO							
	Trafo I / 6 MVA PAUWELS	70 / 20 KV	173	1000	62	104	35.8	60.1
69	P. NGANTANG	20	304	200	34	70	11.2	23.0
70	P. SIDODADI	20	304	200	28	34	9.2	11.2
	SUB JUMLAH XI							



PT. PLN ( Persero )  
DISTRIBUSI JAWA TIMUR  
AREA PELAYANAN JARINGAN MALANG

JL. BASUKI RACHMAD No. 100 MALANG 651111

Telepon : (0341) 326034 - 035  
Kotak Pos : 18

Facsimile : (0341) 362046  
E-mail : plnmlg@pln-jatim.co.id

Website : www.pln-jatim.co.id



Nomor : 0938 / 330 / APJ-MLG / 2010  
Surat Sdr.No. : -  
Lampiran : -  
Perihal : Riset/Survey

Malang, 24 JUN 2010

Kepada :  
Institut Teknologi Nasional Malang  
Fak. Tek. Industri – Jur. Tek. Elektro S-1  
Konsentrasi Teknik Energi Listrik  
Jl. Bend. Sigura-gura No. 2  
Malang - 65145

Menindak lanjuti surat Saudara No. ITN-467/III.TA-2/2/10 tanggal 15 Juni 2010 perihal ijin Riset/Survey, maka dengan ini kami beritahukan bahwa pada prinsipnya kami tidak keberatan / mengizinkan mahasiswa Saudara atas nama :

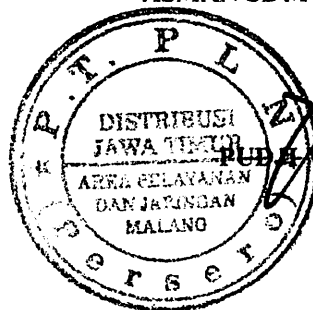
- |                      |                 |
|----------------------|-----------------|
| 1. Guruh Tirta Buana | Nim : 06.12.003 |
| 2. Safitri Akbar A.  | Nim : 06.12.011 |

untuk melaksanakan Riset/Survey di PT. PLN (Persero) Distribusi Jawa Timur Area Pelayanan dan Jaringan Malang - Unit Pelayanan dan Jaringan Kebonagung Jl. Satsui Tubun No 28 Malang, mulai tanggal 28 Juni 2010 sampai dengan tanggal 28 Juli 2010 dengan persyaratan :

1. Mahasiswa tersebut mengisi surat pernyataan (terlampir) dilengkapi dengan pas foto ukuran 3x4 cm (1 lembar) dan di serahkan ke Bidang SDM.
2. PLN hanya memberikan data yang **TIDAK BERSIFAT RAHASIA**.
3. Menyerahkan buku laporan hasil Riset/Survey/Observasi dan softcopynya ke Bidang SDM, PT. PLN (Persero) Dist. Jatim APJ Malang 1 (satu) buah.

Demikian agar menjadikan maklum.

ASMAN SDM DAN KEUANGAN,



Tembusan :

1. Manager UP, UJ, & UPJ terkait
2. Supervisor terkait



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : SAFITRI AKBAR ARDIANTO  
Nim : 06.12.011  
Masa Bimbingan : 5 Desember 2010 – 5 Juni 2011  
Judul Skripsi : ANALISA REDUKSI VOLTAGE DIP  
MENGUNAKAN SSSC (STATIC SYNCHRONOUS  
SERIES COMPENSATOR) DENGAN SOFTWARE  
PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA G.I.  
KEBONAGUNG

No.	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	20 Januari 2011	ACC Bab 1	
2.	22 Januari 2011	ACC Bab 2	
3.	23 Januari 2011	ACC Bab 3	
4.	25 Januari 2011	1. Perhitungan dan penjelasan bab 4 2. Kesimpulan	
5.	4 Februari 2011	ACC Bab 4	
6.	4 Februari 2011	ACC Bab 5	
7.			
8.			
9.			
10.			

Malang,  
Dosen Pembimbing I,

(Ir. Choirul Saleh, MT)  
NIP. Y. 1018800190





## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : SAFITRI AKBAR ARDIANTO  
Nim : 06.12.011  
Masa Bimbingan : 5 Desember 2010 – 5 Juni 2011  
Judul Skripsi : **ANALISA REDUKSI VOLTAGE DIP  
MENGUNAKAN SSSC (STATIC SYNCHRONOUS  
SERIES COMPENSATOR) DENGAN SOFTWARE  
PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA G.I.  
KEBONAGUNG**

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
1.	5 Februari 2011	Revisi Makalah Seminar Hasil: 1. <i>Flowchart</i> Penyelesaian Masalah. 2. Kesimpulan disesuaikan tujuan. 3. Abstrak diperbaiki.	
2.	7 Februari 2011	Revisi Makalah Seminar Hasil: 1. Latar Belakang diperbaiki. 2. Teori Daya Dalam sistem Tenaga dihapus. 3. Gambar rangkaian ditunjukkan yang jelas.	
4.	8 Februari 2011	Revisi Makalah Seminar Hasil: 1. Tabel hasil analisis ditambahkan kompensasi SSSC. 2. Daftar Pustaka ditambah dan diperbaiki.	
6.	9 Februari 2011	ACC Makalah Seminar Hasil	
7	14 Februari 2011	Revisi Skripsi: 1. Gambar voltage dip diperbaiki. 2. Sub bab 2.5 dihapus.	
8.	15 Februari 2011	Revisi Skripsi: 1. Gambar single line G.I Kebonagung ditampilkan pada bab 3. 2. Flowchart penyelesaian masalah diperjelas.	

Malang,  
Dosen Pembimbing II,




**Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT**  
NIP. 19770615.200501.002



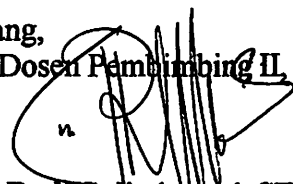
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

## FORMULIR BIMBINGAN SKRIPSI

Nama : SAFITRI AKBAR ARDIANTO  
Nim : 06.12.011  
Masa Bimbingan : 5 Desember 2010 – 5 Juni 2011  
Judul Skripsi : **ANALISA REDUKSI VOLTAGE DIP  
MENGUNAKAN SSSC (STATIC SYNCHRONOUS  
SERIES COMPENSATOR) DENGAN SOFTWARE  
PSCAD/EMTDC POWER SIMULATION PADA G.I.  
KEBONAGUNG**

No	Tanggal	Uraian	Paraf Pembimbing
9.	16 Februari 2011	Revisi Skripsi: 1. Grafik dan tabel pada bab 4 diberi penjelasan. 2. Tampilkan grafik sebelum dan setelah kompensasi. 3. Analisa hasil sub bab 4.5.	
10.	17 Februari 2011	Revisi Skripsi: 1. Kesimpulan diperbaiki.	
11.	18 Februari 2011	ACC Skripsi	

Malang,  
Dosen Pembimbing II



**Irrine Budi Sulistiyawati, ST., MT**  
NIP. 19770615.200501.002

Form.S-4b



FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO MALANG)  
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

BERITA ACARA UJIAN SKRIPSI  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

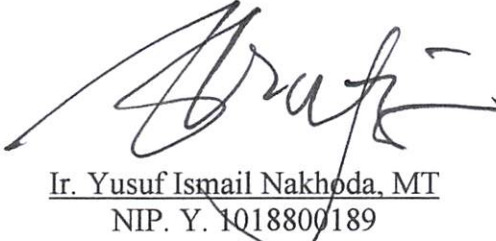
Nama : Safitri Akbar Ardianto  
NIM : 06.12.011  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Judul : ANALISA REDUKSI VOLTAGE DIP MENGGUNAKAN SSSC  
(STATIC SYNCHRONOUS SERIES COMPENSATOR)  
DENGAN SOFTWARE PSCAD/EMTDC POWER  
SIMULATION PADA G.I KEBONAGUNG

Dipertahankan dihadapan Majelis Penguji Skripsi Jenjang program Sarjana Satu (S-1) pada :

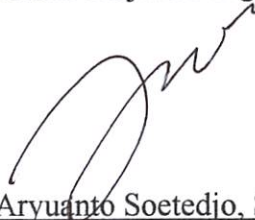
Hari : Senin  
Tanggal : 21 Februari 2011  
Nilai : 79,1 (B+) *r*

Panitia Ujian Skripsi:

Ketua Majelis Penguji


  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP. Y. 1018800189

Sekretaris Majelis Penguji

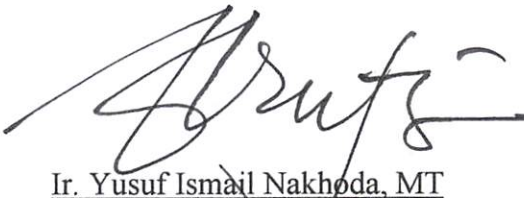
  
Dr. Eng. Aryuanto Soetedjo, ST., MT  
NIP. Y. 1030800417

Anggota Penguji:

Penguji Pertama

  
Ir. Eko Nurcahyo  
NIP. Y. 1028700172

Penguji Kedua

  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP. Y. 1018800189






FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO MALANG)  
BANK NIAGA MALANG

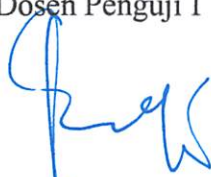
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Safitri Akbar Ardianto  
Nim : 06.12.011  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Hari / Tanggal : Senin / 21 Februari 2011

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Cocokkan judul jurnal dengan skripsi.	
2	Tampilkan keseluruhan grafik dari PSCAD.	
3	Ubah simulasi gangguan yang menunjukkan adanya voltage dip yang logis.	

Telah Diperiksa / Disetujui:  
Dosen Penguji I



Ir. Eko Nurcahyo  
NIP. Y. 1028700172

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Choirul Saleh, MT  
NIP. Y. 1018800190

Dosen Pembimbing II



Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT  
NIP. 19770615.200501.2.002






FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

T. BNI (PERSERO MALANG)  
BANK NIAGA MALANG

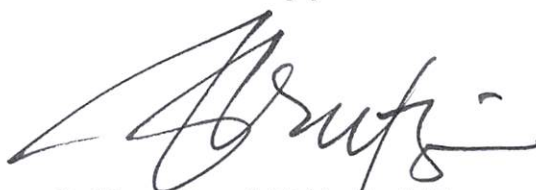
Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145  
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

LEMBAR PERBAIKAN SKRIPSI

Nama : Safitri Akbar Ardianto  
Nim : 06.12.011  
Jurusan : Teknik Elektro S-1  
Konsentrasi : Teknik Energi Listrik  
Hari / Tanggal : Senin / 21 Februari 2011

No	Materi Perbaikan	Paraf
1	Konfirmasi jurnal yang diadopsi dengan skripsi.	
2	Simulasi ulang, relevansi judul dengan hasil perhitungan (simulasi).	
3	Perlu analisis yang jelas perbedaan antara voltage dip dengan voltage dip akibat gangguan hubung singkat.	

Telah Diperiksa / Disetujui:  
Dosen Penguji II

  
Ir. Yusuf Ismail Nakhoda, MT  
NIP. Y. 1018800189

Mengetahui,

Dosen Pembimbing I



Ir. Choirul Saleh, MT  
NIP. Y. 1018800190

Dosen Pembimbing II



Irrine Budi Sulistiawati, ST., MT  
NIP. 19770615.200501.2.002



## RIWAYAT HIDUP PENULIS



Safitri Akbar Ardianto, lahir pada 16 Mei 1988 di Malang, menempuh studi di SDI Wahid Hasyim Malang dan lulus pada tahun 2000, dan melanjutkan di SMP Negeri 13 Malang lulus pada 2003 dan pada 2006 lulus dari SMA Lab. School UM Malang. Dan telah menyelesaikan pendidikan pada jurusan Teknik Elektro S-1 Konsentrasi Teknik Energi Listrik di Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun 2011 dengan penelitian yang dilakukan berjudul “Analisa Reduksi *Voltage Dip* Menggunakan *SSSC (Static Synchronous Series Compensator)* dengan *Software PSCAD/EMTDC Power Simulation* pada G.I. Kebonagung”, sebagai syarat tugas akhir dalam menyelesaikan perkuliahan.